



# **POLÍTICAS DE INOVAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

*André Tosi Furtado*



**EDUFES**

**Editora filiada à Associação Brasileira das Editoras Universitárias (Abeu)**

**Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus de Goiabeiras**

**CEP 29075-910 - Vitória - Espírito Santo - Brasil**

**Tel.: +55 (27) 4009-7852 - E-mail: [edufes@ufes.br](mailto:edufes@ufes.br)**

**[www.edufes.ufes.br](http://www.edufes.ufes.br)**

**Reitor** | Reinaldo Centoducatte

**Vice-Reitora** | Ethel Leonor Noia Maciel

**Superintendente de Cultura e Comunicação** | Edgard Rebouças

**Secretário de Cultura** | Rogério Borges de Oliveira

**Coordenador da Edufes** | Washington Romão dos Santos

**Conselho Editorial** | Cleonara Maria Schwartz, Eneida Maria Souza Mendonça, Giancarlo Guizzardi, Gilvan Ventura da Silva, Giovanni de Oliveira Garcia, Glícia Vieira dos Santos, José Armínio Ferreira, José Edgard Rebouças, Julio César Bentivoglio, Luis Fernando Tavares de Menezes, Maria Helena Costa Amorim, Rogério Borges de Oliveira, Sandra Soares Della Fonte.

**Secretária do Conselho Editorial** | Tânia Canabarro

**Revisão de Texto** | George Vianna

**Diagramação e capa** | Anaise Perrone

**Revisão Final** | o autor

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

F992p

Furtado, André Tosi.

Políticas de inovação no setor elétrico brasileiro [recurso eletrônico] / André Tosi

Furtado. - Dados eletrônicos. - Vitória : EDUFES, 2015.

94 p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-7772-300-3

Também publicado em formato impresso.

Modo de acesso: <[http://repositorio.ufes.br/handle/10/774/browse?type=title&sort\\_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&null=&offset=0](http://repositorio.ufes.br/handle/10/774/browse?type=title&sort_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&null=&offset=0)>

1. Energia elétrica – Brasil. 2. Política energética – Brasil. I. Título.

CDU: 620.91

---

André Tosi Furtado


# **Políticas de Inovação no Setor Elétrico Brasileiro**



**EDUFES**

Vitória 2015



 O setor elétrico brasileiro passou por mudanças profundas nas duas últimas décadas. Inscrita na Constituição de 1988, a liberalização do mercado elétrico foi deslanchada no século passado, porém, interrompida neste século. A liberalização mudou radicalmente o papel do Estado na gestão do mercado elétrico. As concessionárias estatais foram desverticalizadas e, boa parte delas, privatizadas; o regime tarifário pelo custo do serviço foi substituído pelo regime de preços competitivos. A gestão de riscos, especialmente o hidrológico, tornou-se variável central na busca da melhoria da eficiência econômica empresarial e, consequentemente, da setorial.

A teoria econômica nos sugere que as inovações tecnológicas desempenham papel central na melhoria da eficiência econômica. No modelo monopolista estatal, as concessionárias elétricas ocupavam papel determinante no processo de inovação do setor elétrico. Ainda que boa parte das inovações tecnológicas tivesse sua origem no parque de fornecedores das concessionárias, eram estas últimas que, atuando cooperativamente, determinavam as trajetórias tecnológicas a serem perseguidas por seus fornecedores de equipamentos e serviços. Em 1974, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) foi criado com a missão de coordenar o esforço inovador das concessionárias brasileiras. Porém, as dificuldades impostas pela década perdida limitaram seu potencial inovador.

A liberalização do mercado elétrico criou um novo ambiente. Em regime concorrencial, as concessionárias tornaram-se avessas aos riscos das inovações. Os fundos setoriais procuraram mitigar esse problema criando a obri-

gação legal de as concessionárias destinarem 1% de sua receita operacional líquida para investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Repartidos entre projetos orientados para soluções de curto e de longo prazo, esses recursos deveriam induzir uma onda inovadora que melhoraria significativamente o desempenho econômico-financeiro do setor elétrico brasileiro. Infelizmente, essa expectativa está longe de se realizar. Pelo contrário, o que assistimos é a uma deterioração brutal da eficiência econômica setorial, apesar de serem expressivos os recursos pelos fundos setoriais destinados às inovações no setor elétrico.

O livro nos ajuda a identificar as raízes desse paradoxo. O Cepel, apesar dos esforços de sua direção, não consegue exercer papel ativo na coordenação das inovações setoriais. O governo contingencia recursos destinados a inovações de riscos elevados, essenciais para a solução de problemas de longo prazo. Na ausência de uma estratégia cooperativa orientada para a melhoria da eficiência econômica setorial, as concessionárias alocam os recursos colocados à sua disposição à solução de seus problemas individuais.

O setor elétrico brasileiro apresenta especificidades que necessitam ser contempladas no esforço inovador das concessionárias e dos seus fornecedores de equipamentos e serviços. O livro de André Furtado preenche uma lacuna importante do nosso conhecimento do setor elétrico: seu processo inovador. Ele sugere a necessidade de mais estudos acadêmicos nesse tema, especialmente no que concerne à análise crítica da alocação dos recursos disponíveis para inovações tecnológicas setoriais.

*Prof. Dr. Adilson de Oliveira*

PROFESSOR TITULAR DO INSTITUTO DE ECONOMIA INDUSTRIAL  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

9 • Introdução

CAPÍTULO 1

**11 • Modelos de regulação do setor elétrico nos países desenvolvidos**

CAPÍTULO 2

**17 • Dinâmica de inovação do setor elétrico no plano internacional**

17 • Aspectos históricos da evolução do arranjo institucional da inovação tecnológica no setor elétrico

21 • Características da inovação tecnológica no setor elétrico

30 • Conclusões sobre a experiência internacional

CAPÍTULO 3

**33 • Organização dos diferentes atores institucionais na execução dos esforços de P&D e de inovação do setor elétrico brasileiro**

33 • A evolução do regime de regulação do setor elétrico brasileiro

40 • Arranjo institucional e sistema setorial de inovação no setor elétrico brasileiro

40 • O Cepel e a pesquisa cooperativa

43 • As empresas elétricas

47 • O comportamento inovativo da indústria de equipamentos elétricos brasileira

48 • Estrutura produtiva e comportamento inovativo da indústria de equipamentos e material elétrico no Brasil

53 • Comportamento inovativo da indústria de material elétrico

57 • Mudança institucional do sistema de inovação do setor elétrico brasileiro: o surgimento do Fundo de Energia e dos programas de P&D da Aneel

#### CAPÍTULO 4

### **61 • Análise da aplicação dos recursos do CT-Energ (2001-2008)**

62 • A proposta do CT-Energ

66 • Análise dos projetos do CT-Energ

68 • Distribuição regional

70 • Distribuição por instituição

74 • Modalidades de fomento do CT-Energ

76 • Projetos cooperativos Universidade-Empresa

81 • Impacto do CT-Energ na pesquisa acadêmica

84 • Conclusão sobre o CT-Energ

#### CAPÍTULO 5

### **87 • Conclusão sobre o novo arranjo institucional da inovação no setor elétrico brasileiro**

91 • Referências Bibliográficas



O presente livro analisa as novas modalidades de políticas de inovação que foram criadas a partir das reformas do setor elétrico brasileiro dos anos 90 do século passado. Em especial, ele enfoca a atuação do Fundo Setorial de Energia, conhecido como CT-Energ, durante o período de 2001 a 2008. Esse Fundo foi instituído em 2001, quando iniciou suas atividades. O período de análise desta obra se estende até 2008 porque é quando se encerra o levantamento realizado pelo banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e é o período sobre o qual foram obtidas as informações que dão sustentação a este trabalho.

O livro, antes de focar especificamente as atividades do Fundo Setorial do Setor Elétrico (CT-Energ), tratou de contextualizar as atividades do Fundo dentro do sistema setorial de inovação da energia elétrica. O ponto de partida deste trabalho são os sistemas nacionais de inovação (FREEMAN, 1987), e, dentro destes, os sistemas setoriais (MALERBA, 2003). Entende-se que em cada país a inovação tecnológica se concretiza dentro de sistemas setoriais. O setor elétrico se enquadra nesse contexto. A inovação ocorre a partir da interação entre empresas (usuários e fornecedores) com instituições de pesquisa e as políticas do governo. A inovação no setor elétrico depende, em muito, da intensidade e da qualidade da interação entre os atores mais relevantes desse sistema.

A maneira como os atores relevantes interagem no processo de inovação setorial não é, de forma alguma, homogênea entre os países e os setores. As diferenças entre países podem ser atribuídas à história específica de cada sistema. As instituições são fundamentais na forma como esses atores interagem. Elas formam a base sobre a qual se estabelecem as relações entre atores, de maneira que são específicas a cada país, formando o substrato em

que se constitui o arranjo institucional de cada sistema nacional. Os arranjos institucionais de um sistema de inovação envolvem alguns elementos básicos constitutivos (BACH; FURTADO; LAMBERT, 1998):

- Atores
- Papéis/Funções
- Regras
- Mecanismos de Coordenação

O arranjo institucional em um sistema de inovação caracteriza-se por uma determinada forma de divisão dos papéis e funções entre os atores institucionais no processo de inovação. As instituições podem variar dentro de um espectro de possibilidades e de contextos históricos peculiares. Elas, por sua vez, delimitam os papéis e as funções dos distintos atores em um sistema nacional de inovação. As instituições possuem certa estabilidade que garante a própria sobrevivência do sistema. No entanto, em determinadas situações elas estão sujeitas a mudança, o que acarreta a redefinição dos contornos do arranjo institucional. Percebe-se que houve uma evolução paralela entre as reformas do setor elétrico e o arranjo institucional dominante. De certa forma, as mudanças introduzidas na esfera regulatória dessa indústria levaram a uma reacomodação dos papéis e das funções inovativas exercidas pelos principais atores setoriais.

As mudanças institucionais liberalizantes introduzidas nas décadas de 80 e 90 do século passado acarretaram, de maneira geral, um enfraquecimento do esforço tecnológico realizado nos países desenvolvidos, tanto por parte do Governo como por parte das empresas do setor elétrico. As empresas fornecedoras de equipamentos passaram a concentrar cada vez mais os esforços e competências inovativas setoriais.

A reforma do setor elétrico brasileiro dos anos 90 buscou compensar os efeitos negativos sobre as empresas elétricas, que seriam desastrosos para o sistema que se apoiava preponderantemente sobre os esforços das estatais. Foram geradas novas fontes de recursos direcionadas aos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). No entanto, o arranjo institucional estabelecido não tem sido propício à criação de uma mudança de patamar na capacidade inovativa do sistema de inovação do setor elétrico brasileiro. Nesse processo de reacomodação percebe-se que existe uma defasagem crescente entre a dimensão dos desafios tecnológicos e os meios mobilizados.

## **Modelos de regulação do setor elétrico nos países desenvolvidos**

Após a vitória da corrente alternada sobre a corrente contínua, na década de 1880, ficaram cada vez mais claros dois aspectos centrais da trajetória tecnológica da indústria elétrica. O primeiro seria o aumento da distância geográfica entre ponto de geração e de consumo dessa energia. A corrente alternada, à época, se prestava muito mais ao aumento de voltagem, o que reduzia significativamente as perdas de transporte de energia elétrica. Com isso foi possível aumentar o porte das unidades geradoras, iniciando uma trajetória de constantes aumentos de escala, acompanhados de aumentos de eficiência e de redução do custo médio de geração. A segunda característica seria a integração dos consumidores em redes. Por ser custosa e dificilmente armazenável, existem grandes ganhos na integração dos consumidores numa única rede. As curvas de consumo individuais tendem a se complementar, reduzindo enormemente as necessidades de investimento em geração. Por essas razões, o monopólio regional tornou-se a forma dominante de estrutura industrial existente no setor de geração e distribuição de energia. A interdependência entre geração, transporte e distribuição de energia elétrica, agravada pela falta de armazenamento da energia, fez com que desde muito cedo o arranjo dominante fosse da integração vertical, que muitas vezes se estendia a certas atividades de consumo, tais como iluminação ou transporte público.

A formação de monopólios privados, em nível regional, que decorria do processo “natural” de concentração de capitais, levou a uma crescente preocupação e posteriormente à intervenção dos diferentes níveis governamentais

na regulação das atividades do setor elétrico. O poder de mercado que a empresa privada possui sobre os consumidores cativos de uma determinada região é bem conhecido: a energia elétrica não é facilmente substituível por outras fontes secundárias; o custo de interrupção do fornecimento é muitas vezes superior ao custo pago por ela; trata-se da fonte mais limpa e eficiente de energia; entre as razões mais evidentes. Com isso a curva da demanda é muito inelástica, o que faz com que qualquer variação da demanda seja acompanhada por um aumento maior do preço. Interessa, nesse contexto, ao fornecedor do serviço muito mais subinvestir do que sobreinvestir. Assim, minimizam-se investimentos e maximizam-se os lucros. Esse grande poder das empresas de energia elétrica levou desde muito cedo os governos locais, regionais e nacionais a intervirem.

Os modelos de regulação do setor elétrico seguem duas vertentes principais.

A primeira, desenvolvida essencialmente nos Estados Unidos, tem como objetivo básico a defesa do interesse público (*general interest* ou *public interest*). Ela é centrada no controle dos monopólios privados da indústria de rede, tendo como característica básica o arcabouço jurídico-institucional norte-americano, apoiado no Common Law e com forte primado da jurisprudência para arbitragem dos conflitos entre diferentes agentes (PINTO et al, 2007, p. 161-62).

As agências reguladoras criadas desde a década de 30 para administrar as tarifas e as concessões buscavam, sobretudo, fazer respeitar a concorrência quando fosse possível e proteger os consumidores de práticas abusivas.

O segundo modelo institucional que se constituiu na Europa é sensivelmente diferente. “Na Europa, a partir da década de 1940, o Estado assumiu as responsabilidades [...] de planejamento, operação, coordenação e gestão da infra-estrutura econômica” (PINTO et al, 2007, p. 163).

Esse modelo se caracterizou pela constituição de grandes empresas estatais de porte nacional que monopolizavam a produção, o transporte e a distribuição de energia em escala nacional. Essas empresas eram os grandes vetores de transformação da infraestrutura energética desses países. Na maioria das vezes, essas empresas surgiram no imediato pós-guerra,

quando os governos nacionais decidiram intervir mais intensamente no processo de industrialização.

A maior intervenção governamental existente no modelo europeu acabou explorando mais profundamente a trajetória que se configurava na indústria elétrica desde a sua criação. Foi possível concentrar em uma única empresa nacional a geração, o transporte e a distribuição de energia elétrica. A concentração econômica acabou potencializando enormemente a concentração técnica. Na geração, as economias de escala foram muito importantes para baixar os custos. Grandes empresas nacionais puderam responsabilizar-se por grandes empreendimentos de geração como hidroelétricas, centrais térmicas e nucleares. As economias mais evidentes ocorreram pelo lado do transporte e da distribuição. A constituição de uma rede integrada pôde aproveitar plenamente as economias de escopo ou de integração existentes entre a geração e o consumo de energia elétrica. A variabilidade de distintas fontes de energia e distintas curvas de carga pôde ser amenizada quando integradas em grandes redes.

O modelo de gestão do setor elétrico baseado na regulação monopolista será sacudido a partir dos anos 70 com a emergência da crise energética e da crise da energia nuclear, provocada em boa medida pelo movimento ambientalista. Existe nessa década uma reacomodação das forças sociais existentes e o surgimento de novas, que inviabilizam a regulação monopolista prevalecente durante o período do pós-guerra. As grandes empresas monopolistas perdem espaço porque enfrentam custos e dificuldades crescentes para levar adiante seus planos de expansão. A saída encontrada pelos governos da época consistirá em aumentar a concorrência através da diminuição das barreiras institucionais.

O monopólio era concedido em troca da manutenção do serviço público no modelo de regulação anterior. A inovação institucional introduzida a partir dos anos 70 consistirá em separar a função de garantia do serviço daquela de oferta de eletricidade. A emergência ou consolidação das agências reguladoras que já existiam no modelo anglo-saxão serão decisivas para exercer essa função separadamente das empresas públicas ou privadas. A grande inovação institucional, introduzida nesse período, será buscar fornecer o serviço público, que consiste no acesso de todos os cidadãos, sem

discriminação e a um preço justo, sem ter que pagar o preço do monopólio. Este incorreria com o custo da excessiva rigidez e ineficiência.

O Reino Unido foi precursor nas reestruturações mais radicais do setor elétrico. Primeiramente, as empresas distribuidoras regionais foram privatizadas. Os mercados passaram a ser concorrenciais e os consumidores puderam escolher o melhor prestador do serviço. Em seguida, a Central Electricity Generation Board (CEGB), estatal, foi privatizada e subdividida em: Power Gen e National Power, na geração; e em National Grid, para o transporte. Ao sistema de transporte e de distribuição, que constituía um monopólio natural, se aplicou o princípio de livre acesso, que permitia aos fornecedores ou consumidores utilizarem a rede de transporte e de distribuição. O sistema britânico abriu-se também aos produtores independentes, cuja participação no fornecimento de energia aumentou progressivamente. A descentralização da oferta foi facilitada, no caso britânico, pela paulatina substituição do carvão mineral pelo gás natural como fonte de geração de energia elétrica. A energia nuclear, entretanto, não foi privatizada, apesar da vontade do governo. Essa fonte de energia, que conta com altos custos e elevados riscos, não era atrativa para a iniciativa privada. A regulação ficou por conta da Office of Energy (Offer), que se incumbiu de regular os preços dos consumidores cativos e estabelecer as regras de concorrência. O mercado de consumo foi completamente liberalizado em 1999.

Os Estados Unidos foram precursores na abertura do seu mercado de energia para produtores independentes com a edição do Public Utility Regulatory Act (Purpa) em 1977. Esse decreto obrigou as empresas concessionárias a adquirirem energia de produtores independentes. Entretanto, o sistema americano de abastecimento de energia elétrica manteve-se fechado por longo período. As empresas privadas ou públicas estaduais mantiveram seus respectivos mercados cativos regionais. A abertura do mercado à concorrência somente começou a se concretizar no final da década de 90.

O modelo concorrencial acabou sendo progressivamente adotado pela maioria dos países desenvolvidos. Os fatores que favorecem a adoção desse modelo são múltiplos. Na Europa, por exemplo, a progressiva integração energética tendeu a romper os monopólios das empresas públicas nacionais. O próprio sistema institucional europeu baseado na livre circulação de bens e serviços favorecia esse processo.

O surgimento da tecnologia da central de ciclo combinado para geração de energia elétrica a partir do gás natural é considerado como sendo um fator decisivo para o aumento da concorrência. As escalas requeridas eram muito menores e o ciclo de investimento muito mais curto. Isso facilitou muito a entrada de produtores independentes, que não eram empresas de energia elétrica. O gás também trouxe um processo de reorganização do mercado de geração. As companhias de petróleo e de gás natural se diversificaram para esse novo mercado.

A constituição de sistemas elétricos e energéticos maduros também foi um elemento decisivo para viabilizar as reformas do setor elétrico. O fato de grande parte da infraestrutura já estar construída e amortizada e de o mercado crescer vegetativamente tornava os investimentos em energia menos interdependentes entre si. Isso reduziria as especificidades de ativos situados em fases distintas da cadeia energética, de maneira que a estratégia de integração vertical que dominara durante tanto tempo a indústria não seria tão importante estrategicamente; pelo contrário, a maior flexibilidade dada pelo mercado permitiria abaixar os custos de produção.

As reformas foram funcionais em abaixar os custos de produção e as tarifas de venda da energia elétrica. Entretanto, elas trouxeram uma série de problemas. Os sistemas de geração passaram a depender crescentemente do gás natural, que se tornou cada vez mais escasso e caro. Os países que reformaram seus sistemas elétricos começaram a enfrentar crescentes problemas com essa nova fonte de energia. O setor privado, de modo geral, tendeu a subinvestir na capacidade de geração de energia. Isso aumentou muito o risco de escassez de energia elétrica e os picos do preço no mercado livre. Na Califórnia, que foi pioneira na abertura do mercado, houve uma crise profunda no abastecimento em 2001, em decorrência de um pico momentâneo da demanda aliado a uma brusca elevação dos preços do gás natural no mercado interno.

Apesar dos problemas enfrentados pela implementação do modelo de regulação concorrencial, não houve retrocesso das reformas liberais nos países desenvolvidos. Essas reformas, como veremos no próximo item, trouxeram uma série de desafios para o arranjo institucional que dá sustentação à inovação no setor elétrico.





## **Dinâmica de inovação do setor elétrico no plano internacional**

O arranjo institucional que deu sustentação ao sistema setorial de inovação do setor elétrico sempre esteve associado às diversas trajetórias das tecnologias dominantes, à estrutura industrial do setor e ao padrão de regulação vigente. O padrão de regulação de um determinado período reflete todas essas dimensões que coevoluem num processo de transformação histórico que atravessa grandes etapas.

A regulação que predominou no sistema elétrico durante quase todo o século XX até a crise energética de 1973 era de caráter monopolista, com forte concentração do poder nas mãos de grandes empresas e do Estado. Com a crise energética, verifica-se um enfraquecimento dos atores dominantes tradicionais e a emergência de novos. As mudanças tecnológicas foram importantes para explicar as mudanças de padrão regulatório. Essas mudanças conduzem a um padrão concorrencial e de maior contestabilidade tecnológica.

### **Aspectos históricos da evolução do arranjo institucional da inovação tecnológica no setor elétrico**

A indústria elétrica é uma das principais ramificações que emanam do processo de transformação organizacional, tecnológica e financeira que redundou na Segunda Revolução Industrial. Dessa transformação surgiram as grandes corporações, as estruturas concorrenciais oligopolistas e a internalização e rotinização da atividade inventiva nas grandes empresas de setores intensivos em conhecimento, como a indústria química e elétrica.

Desde o início a indústria elétrica foi baseada na ciência. As primeiras descobertas no campo do eletromagnetismo foram realizadas por cientistas. Maxwell escreveu seu Tratado sobre Eletricidade e Eletromagnetismo em 1873. Apenas posteriormente foram realizadas as importantes invenções como os turbo-geradores, a lâmpada elétrica e o motor elétrico. Essas invenções logo se tornaram inovações e foram controladas por empresas que rapidamente se transformaram em grandes corporações, dentre elas: Westinghouse, General Electric, Siemens, Brown Boveri, etc. As inovações foram gestadas, na maior parte dos casos, pelos laboratórios de pesquisa das empresas.

O avanço tecnológico no setor elétrico baseou-se na capacidade inovativa da grande empresa de material elétrico. No entanto, à medida que a indústria de material elétrico foi se desenvolvendo houve uma separação entre as empresas fornecedoras das empresas que prestavam os serviços de geração e distribuição de energia elétrica. Essa separação é racional, dado que as dimensões dos mercados são bem distintas. A geração e distribuição de energia possuem uma dimensão local ou regional, no máximo nacional, enquanto que a empresa fabricante de material elétrico logo se tornou uma multinacional. A verticalização implicaria restringir o mercado de equipamento apenas às empresas do grupo.

A separação desses dois atores (fabricantes e operadoras) não conduzia necessariamente a descentralizar a atividade de P&D. Esta permaneceu concentrada nas empresas fabricantes de material elétrico. Somente a partir das mudanças ocorridas no pós-guerra observa-se certa descentralização dessas atividades no setor elétrico. As operadoras passaram por um processo de concentração e de estatização na maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. As grandes empresas estatais assumiram um papel muito mais ativo no processo de inovação do setor elétrico. A relação usuário-fornecedor, que se inclinava muito mais para os fornecedores, passou a equilibrar-se mais. O caso mais emblemático dessa nova postura das operadoras estatais talvez seja o da Électricité de France (EDF). Essas empresas passaram a dotar-se de grandes laboratórios em que se realizavam importantes pesquisas para o setor elétrico. As grandes escalas de operação e a complexidade de sistemas interligados de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica tornaram atraente para essas empresas a internalização da atividade inventiva e a aplicação dela no aumento da eficiência desses sistemas.

As empresas privadas demoraram mais em seguir essa mesma evolução. Permaneceram fragmentadas e empreenderam limitados esforços de P&D. No entanto, passaram a cooperar entre si para realizar seus esforços tecnológicos. O principal exemplo do arranjo cooperativo da P&D é o do Electric Power Research Institute (Epri), nos Estados Unidos, que foi criado durante os anos 70, em decorrência dos desafios colocados pelo primeiro choque do petróleo.

No pós-guerra um novo ator de peso veio adicionar-se aos esforços de P&D, o Estado. O arranjo institucional dominante nessa indústria demonstrou-se cada vez menos adequado para os novos desafios tecnológicos que começaram a aparecer a partir da nova onda de inovações surgidas durante a Segunda Guerra Mundial. As fabricantes de equipamentos, com seus próprios recursos, haviam até então atendido às necessidades de inovação do setor elétrico. Entretanto, no pós-guerra fez-se premente a necessidade de desenvolver novas fontes de energia para a geração de energia elétrica. A energia nuclear oriunda do avanço científico, realizado anteriormente no entreguerras e na guerra, posiciona-se como a principal alternativa às energias fósseis, em que apostaram a grande maioria dos países industrializados do Oeste e do Leste. Os governos dos países em desenvolvimento darão início a importantes programas para desenvolver as tecnologias do nuclear civil e militar. As tecnologias de enriquecimento do urânio, das centrais nucleares, de novos reatores sobrerregenerados e a fusão nuclear irão demandar vultosos esforços que serão realizados nacionalmente, e em alguns casos, como na Europa, internacionalmente. Os investimentos feitos em energia nuclear foram, de longe, os mais significativos em novas tecnologias do setor elétrico.

O tipo de engajamento do setor público na P&D nuclear varia bastante de país para país, embora ele esteja sempre presente. O modelo americano, mais liberal, concentrou os recursos governamentais no desenvolvimento de novas tecnologias (sobrerregeneradores e fusão) e deixou para a iniciativa privada o controle da tecnologia já estabelecida (centrais de urânio enriquecido). No modelo francês, o Estado dominou através das empresas estatais e do Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) quase todas as etapas do processo de inovação das novas tecnologias até as centrais clássicas. Esse modelo demonstrou-se mais eficaz para enfrentar os complexos desafios das centrais nucleares clássicas. O programa

nuclear francês substituiu quase completamente as centrais de energias fósseis (PUISEUX, 1979). Já o programa americano fracassou na década de 70 sob pressão do movimento antinuclear e devido aos crescentes problemas das centrais clássicas americanas, que foram construídas sem levar em consideração muitos dos procedimentos de segurança adotados posteriormente pelos europeus (BUPP, 1983; CAMPBELL, 1988). Os dois modelos, tanto o liberal-americano quanto o francês, foram incapazes de dar conta dos desafios colocados pelas novas tecnologias nucleares: sobrerregeneradores e fusão (FINON, 1989).

A crescente oposição ao papel do Estado no desenvolvimento da energia nuclear, aliada à crise energética, fez surgir um novo arranjo institucional para o setor elétrico. As operadoras enfrentaram problemas econômicos agudos, como a contínua elevação dos custos de geração. Na Inglaterra, esses problemas foram reforçados pela combatividade dos mineiros do carvão, que resistiam à pressão para o fechamento das minas. A resposta dos governos liberais, principalmente de Margaret Thatcher, consistiu na privatização das operadoras públicas e na sua fragmentação, com o propósito de introduzir a concorrência. A política britânica surtiu resultados positivos, porque o carvão foi rapidamente substituído pelo gás natural, cuja oferta expandia-se por conta do desenvolvimento das reservas do Mar do Norte. Ademais, importantes mudanças tecnológicas começaram a ocorrer no plano das tecnologias de geração da energia elétrica. A eficiência das turbinas a gás melhorou substancialmente por conta dos avanços realizados no desenho das turbinas destinadas à indústria aeronáutica. Essa tecnologia seria em seguida aprimorada pela indústria de equipamentos elétricos, no sentido do aumento do seu tamanho e do acoplamento da tecnologia geração a vapor às centrais de ciclo combinado. Mais eficiente do que as grandes turbinas a vapor, essa tecnologia tinha a vantagem de possuir escalas bem menores de produção, além das demais vantagens da tecnologia do gás natural, como a rapidez na partida e a menor poluição.

A tecnologia do gás alcançou logo um grande sucesso de mercado. Ela se adaptou tanto às pequenas quanto às grandes unidades de geração, possibilitando que surgisse a figura do produtor independente. Este passou a ocupar uma parcela do mercado de geração de energia elétrica dos países desenvolvidos e de países em desenvolvimento. O aumento da concorrência,

favorecido pelas reformas liberais, fez com que os preços baixassem e tanto os pequenos como os grandes consumidores fossem beneficiados.

Os ganhos desse modelo tiveram importantes implicações sobre a forma como se organizava a P&D no pós-guerra. O Estado e seus grandes programas tecnológicos, sobretudo na área nuclear, regrediram no cenário tecnológico mundial. As operadoras, as públicas principalmente, mas não unicamente, perderam espaço na P&D setorial para os fabricantes. Além disso, as operadoras, em decorrência das privatizações e/ou abertura à concorrência, reduziram substancialmente os seus esforços tecnológicos e passaram a depender muito mais dos seus fornecedores.

Essa evolução, ainda que tenha resultado em alguns ganhos econômicos momentâneos, revelou-se ineficaz para dar conta dos grandes desafios tecnológicos colocados ao setor elétrico no médio e longo prazo (rentabilidade, sustentabilidade ambiental). Esses desafios se situam, sobretudo, do lado da geração, na saída das energias fósseis e na transição para fontes renováveis economicamente viáveis.

Entretanto, o desafio colocado pela necessidade de transição para as energias renováveis e limpas não significa necessariamente que se volte ao arranjo institucional que vigorou durante o período do pós-guerra. O papel do Estado passa ser o de criar as condições para que o setor privado trilhe um caminho sustentável no setor elétrico.

### **Características da inovação tecnológica no setor elétrico**

O arranjo institucional do pós-guerra caracteriza-se pela ascensão do poder do Estado no direcionamento da trajetória tecnológica do setor elétrico. Nesse setor estabeleceu-se uma partilha dos esforços de P&D entre os três principais atores: os fornecedores de materiais e equipamentos elétricos; as operadoras dos sistemas de geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica; e os centros de pesquisa e universidades. O Governo – através de seus Ministérios, Agências Reguladoras e Agência de Fomento à Ciência e Tecnologia (C&T) – agiu no sentido de criar capacitações, fomentar a P&D e incentivar a interação no sistema setorial de inovação entre centros de pesquisa, universidades e o setor produtivo.

Predominaram no pós-guerra dois principais modelos de intervenção pública. O primeiro, sem dúvida o mais importante, o americano, atribuía ao Estado funções de fomento muito mais que de execução da P&D. O segundo modelo era o estatizante, no qual o setor público financiava e executava grande parte do esforço de inovação. Enfocaremos neste trabalho o modelo americano pela sua importância na trajetória tecnológica do setor elétrico.

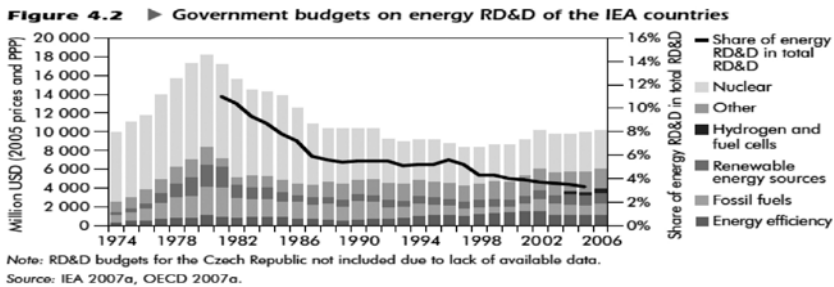
O arranjo institucional do sistema de inovação americano sedimentou-se no pós-guerra sob a liderança do governo federal. A este coube o papel de ser o pioneiro no desenvolvimento científico e tecnológico durante a Idade de Ouro da C&T americana, que se estendeu até o final dos anos 60. Seus empreendimentos visavam a exploração do desconhecido. No plano militar, que é o mais importante, o Estado deve desenvolver as tecnologias que permitam manter a supremacia militar americana. Ao setor privado, que é contratado pelas agências federais para fabricar os artefatos tecnológicos, cabe a tarefa posterior de transferir e aplicar as tecnologias de ponta ao setor civil. Os gastos públicos, feitos a fundo perdido, injetaram uma substancial quantia de recursos direcionada para P&D que possibilitou que as grandes corporações americanas mantivessem sua liderança tecnológica no plano internacional.

No setor elétrico esse arranjo funcionou durante muito tempo de forma similar. O governo federal americano aplicou vultosos recursos na pesquisa nuclear, tanto militar quanto civil. Os grandes fabricantes de equipamentos elétricos Westinghouse e General Electric transferiram essa tecnologia para a área civil, criando os modelos de geradores com urânio enriquecido – Pressurized Water Reactor (PWR) e Boiling Water Reactor (BWR). Os recursos direcionados para a pesquisa civil nos Estados Unidos foram administrados pela Atomic Energy Commission nos anos 50 e posteriormente pelo Department of Energy (DOE). O DOE dispõe de uma rede de 20 Laboratórios Nacionais que são responsáveis pela pesquisa básica e aplicada na área de energias atômica e renováveis. Em compensação, as energias fósseis são pouco pesquisadas pelo governo federal.

As políticas públicas de apoio à P&D no setor energético se aprofundaram a partir dos dois choques do petróleo. O governo federal decidiu mobilizar grandes volumes de recursos na pesquisa de novas fontes de energia e

em fontes convencionais. O gasto público nos Estados Unidos, como no conjunto de países da Organização de Cooperação para o Desenvolvimento Econômico (OCDE), alcançou seu ápice em 1980 (Figura 1). O campo que recebeu maior apoio foi o da pesquisa nuclear, tanto da fissão quanto da fusão. Os outros de importância menor são das energias fósseis, das energias renováveis e da conservação.

Figura 1: Investimentos públicos em P&D na área de energia nos países da OCDE



Fonte: IEA (2008)

A importância do governo no financiamento e na execução da pesquisa do setor elétrico americano é revelada por um levantamento feito pelo General Accounting Office – GAO (Tabela 1). O DOE era responsável por aproximadamente dois terços dos esforços de P&D do setor elétrico. Essa estimativa, entretanto, desconsidera os fornecedores, que exercem um papel central na geração e difusão de tecnologia no setor elétrico.

Tabela 1: Gastos em P&D no Setor Elétrico (Governo e Empresas Elétricas)

| Instituições       | Valor (US\$ Milhões) | %    |
|--------------------|----------------------|------|
| DOE                | 1.029                | 68,4 |
| Empresas Elétricas | 476                  | 31,6 |
| - via Epri         | 300                  | 19,9 |
| - Intramuros       | 176                  | 11,7 |

Fonte: United States (1996)

Um levantamento feito por um estudo organizado pelo Institut d'Économie et Politique de l'Énergie (Iepe) da Universidade de Grenoble mostra como se reparte o gasto entre empresas elétricas e fornecedores de equipamentos (Tabela 2). Percebe-se que a maior parte dos esforços empresariais do setor elétrico, mais de 80%, concentra-se nos fornecedores de equipamentos, de maneira que as empresas de energia elétrica podem ser incluídas, seguindo a classificação de Pavitt, como sendo dominadas pelos fornecedores. Existem algumas exceções como a da EDF e da Hydro-Québec, porém são poucas as grandes empresas elétricas com capacidade de geração de tecnologia de equipamentos.

**Tabela 2: Gastos em P&D das Utilities e Fornecedores**

| Unités:<br>Millions de \$ | Total des<br>deux<br>catégories<br>d'acteur | Dont<br>équipements<br>de la construction<br>électrique | Dont<br>industrie de<br>l'électricité | Repartition dans l'industrie de<br>l'électricité: |  |
|---------------------------|---|---|---------------------------------------|---|--|
|                           |   |   |                                       | Dont entreprises<br>de l'industrie<br>électrique  | Dont entreprises<br>de l'industrie<br>électrique |
| France                    | 1970  | 1600  | 370                                   | 370   | 0  |
| Allemagne                 | 2650  | 2500  | 150                                   | 50  | 100  |
| Grande<br>Bretagne        | 370   | 300   | 70                                    | 20  | 50   |
| Italie                    | 400   | 200   | 200                                   | 200   | 0  |
| Reste de<br>l'Europe      | 3100  | 3000  | 100                                   | 100   | 0  |
| Total Europe              | 8490  | 7600  | 890                                   | 740   | 150  |
| Total Etats<br>Unis       | 3700  | 3000  | 700                                   | 200   | 500  |
| Total Japon               | 4900  | 4500  | 400                                   | 400   | 0  |
| Total Reste Du<br>Monde   | 1200  | 1000  | 200                                   | 200   | 0  |
| Total Monde               | 18290                                       | 16100   | 2190                                  | 1540  | 650  |

Fonte: Bourgeois; Jacquier-Roux (2001)

Os fabricantes têm uma intensidade tecnológica muito maior que as operadoras de energia elétrica. O setor máquinas e material elétrico é classificado pela OCDE como sendo de média-alta tecnologia. A intensidade das grandes corporações que são fabricantes de equipamentos elétricos varia



entre 2%, no caso da General Electric (GE), e 7% do faturamento, no caso da Siemens e da Matsushita Electric (Tabela 3). Não é possível separar o que é propriamente dito P&D para o setor elétrico dos demais campos tecnológicos, como eletrônico, telecomunicações, aeroespacial, entre outros. São grupos empresariais bastante diversificados que atuam em vários nichos de mercado.

**Tabela 3: Gastos de P&D das Principais Fabricantes de Equipamentos Elétricos em 2004**

| Empresa                  | Gasto em P&D<br>(US\$ Milhões) | P&D/Faturamento |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Siemens (Al)             | 6.441                          | 7%              |
| Matsushita Electric (Jp) | 5.756                          | 7%              |
| Hitachi (Jp)             | 3.447                          | 4%              |
| General Electric (USA)   | 2.443                          | 2%              |
| Mitsubishi Electric (Jp) | 1.276                          | 4%              |
| ABB (Sz)                 | 690                            | 3%              |
| Schneider Electric (Fr)  | 681                            | 5%              |
| Alstom (Fr)              | 602                            | 3%              |
| Areva (Fr)               | 511                            | 4%              |

Fonte: European Commission (2005)

Os investimentos em P&D das operadoras são bem mais reduzidos. Eles são inferiores a 1% da receita líquida dessas empresas. O arranjo institucional dominante da P&D em países onde há uma multiplicidade de operadoras foi a pesquisa cooperativa. No caso dos Estados Unidos, o Epri é responsável por dois terços da P&D realizada pelas operadoras americanas (Tabela 1). Trata-se de um centro de pesquisa privado sem fins lucrativos que atende às necessidades das empresas associadas. As atividades de pesquisa são organizadas em programas, formados por um conjunto articulado de projeto, aos quais os membros do instituto podem se associar ou não, dependendo do grau de interesse.

O modelo cooperativo funciona adequadamente no setor elétrico para a maior parte das pesquisas das operadoras, porque concerne à tecnologia de atividades produtivas executadas por fornecedores. Trata-se, na realidade,

de uma pesquisa não proprietária, porque é do interesse das operadoras que ela se difunda ao maior número de fabricantes, fazendo baixar os seus custos de produção. Nesse caso, se enquadra a pesquisa sobre fontes renováveis, energia nuclear ou sobre equipamentos mais eficientes. Em certos casos, como no caso das instalações de teste de grandes equipamentos elétricos, justifica-se também a associação das empresas.

Esse modelo institucional começou a entrar em crise a partir das mudanças introduzidas pelas reformas da década de 80 e, conseqüentemente, a partir da alteração do papel do Estado nos sistemas de C&T dos países desenvolvidos. O governo federal americano começou a reduzir paulatinamente os recursos destinados à pesquisa básica e aplicada na grande maioria das áreas, inclusive na de energia. Essa redução ocorreu também, em maior ou menor grau, na maioria dos países desenvolvidos. O grande responsável por essa evolução foram os cortes nos gastos federais em programas de energia nuclear, mas que se estenderam também às outras fontes de energia, como as renováveis. A queda do preço do petróleo na segunda metade da década de 80, aliada à corrida em direção ao gás natural, foi grandemente responsável pelo abandono dos esforços que foram iniciados a partir do primeiro e do segundo choque do petróleo.

Em paralelo, as pesquisas realizadas pelas operadoras, tanto a cooperativa quanto a proprietária, sofreram um profundo decréscimo desde meados da década de 90, quando, nos Estados Unidos, começou a se concretizar a abertura do setor à concorrência. O aumento da competição levou, ao contrário do que indicava certo senso comum entre os economistas, a uma redução dos gastos em P&D das empresas. Uma parte dessa P&D não era nem proprietária e nem de alto risco. As empresas reduziram esses investimentos para cortar custos e poder enfrentar a concorrência. A geração de tecnologia passou a ser cada vez mais delegada para os fornecedores de equipamentos, invertendo um processo de crescente envolvimento das operadoras nos investimentos setoriais de P&D desde o pós-guerra.

Um estudo de Nemet e Kammen (2007) revela que o gasto público em P&D do setor energético nos Estados Unidos após o pico alcançado em 1980 decresceu substantivamente até 1990, e depois se estabilizou em um patamar muito inferior. O gasto privado expandiu-se até 1985, porém desde então

veio declinando. A liberalização econômica não incentivou as empresas a aumentarem seus esforços inovativos para enfrentar o ambiente adverso, ao contrário, elas se centraram em estratégias de baixo risco e de curto prazo.

O novo arranjo institucional da P&D, que se configurou a partir das reformas liberais, acabou enfraquecendo a capacidade do sistema setorial de inovação de fazer frente aos desafios tecnológicos que se configuraram a partir da crise energética. As tecnologias de uso do gás natural, cuja presença na matriz energética aumentou muito, em parte devido à sua utilização na geração de energia elétrica, ganharam maior espaço. Porém, tecnologias associadas às energias renováveis, ao nuclear e à conservação perderam espaço nos planos de investimento em P&D. A iniciativa privada também foi prejudicada pelo aumento da concorrência. Os fornecedores, sobretudo, e as empresas de energia elétrica baixaram muito seus gastos com o desenvolvimento de novas tecnologias. A grande preocupação com a redução de custos levou os fornecedores a abandonarem importantes iniciativas tecnológicas.

As autoridades e estudiosos do setor sempre alertaram para o risco que o aumento da concorrência representava para o gasto em P&D das empresas e para a competitividade, em longo prazo, da economia americana na indústria elétrica. O trabalho de Nemet e Kammen revela que a redução do gasto público tem se refletido diretamente na atividade inventiva dos americanos (medida em número de pedidos de patentes), que tem decaído ao longo dos anos desde meados dos anos 80. Esse comportamento foi particularmente notável em energia eólica, fotovoltaica e nuclear, poupando apenas as células combustíveis.

Algumas políticas públicas buscaram compensar o efeito negativo que o crescimento da concorrência exercia sobre os esforços de inovação dos principais atores dessa indústria através do incentivo ao aumento dos esforços de P&D. Uma das iniciativas mais relevantes, tomada nos Estados Unidos, para contrabalançar esse efeito perverso da concorrência foi de iniciativa do governo californiano. Esse estado já possui um forte vínculo com a P&D e a inovação do setor elétrico. O Epri, principal instituição de pesquisa do setor, está sediado nesse estado. Suas políticas de promoção de energias renováveis são pioneiras. Era natural, por todas essas razões, que o seu governo se preocupasse com o declínio das verbas federais e dos gastos privados em P&D para o setor elétrico.

Para incentivar a P&D do setor elétrico, o governo da Califórnia criou, sob a tutela da Agência Estadual de Regulação da Energia (California Energy Commission), o programa Public Interest Energy Research (Pier), cujo objetivo é de fomentar a P&D de interesse público no estado. O Pier é um fundo que dispõe de recursos correspondentes a US\$ 62,5 milhões, que são obtidos a partir de uma taxa cobrada das concessionárias de energia elétrica (SICHON, 2010). O programa tem objetivos bastante amplos que são coerentes com a função pública. Esses objetivos são:

- Proporcionar serviços e produtos energéticos seguros, confiáveis, ambientalmente sustentáveis e acessíveis;
- Apoiar a Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D) que não é adequadamente proporcionada por mercados energéticos competitivos ou regulados;
- Fazer avançar a ciência e a tecnologia da área energética para o proveito dos contribuintes da Califórnia.

Claramente, o Pier se coloca de acordo com as novas perspectivas de fomento público à P&D, de “adicionalidade”. Cabe ao Estado fomentar aquela P&D que é de interesse público por ser geradora de fortes externalidades positivas, mas que não é financiada pelo setor privado porque não oferece suficiente atratividade econômica. Aqui, o argumento que justifica a intervenção do Estado é o das “falhas de mercado”. Em tese, os direitos de propriedade imperfeitos não possibilitam que os geradores dessas externalidades consigam apropriar-se desses ganhos. No novo arranjo institucional também não cabe aos organismos públicos executarem a P&D. Os fundos devem ser destinados para empresas que ficam encarregadas de realizá-la. Eventualmente, busca-se que a atividade seja conduzida de forma cooperativa entre universidade/centro de pesquisa e empresas.

Os recursos de P&D deixam de ser orçamentários para se enquadrarem em programas que se subdividem em projetos específicos. O Pier está composto de sete programas que são listados a seguir:

1. Eficiência energética de Edificações
2. Águas, indústria e agricultura
3. Fontes renováveis de energia
4. Geração avançada ambientalmente

5. Transporte
6. Pesquisa ambiental
7. Integração de sistemas energéticos

Os programas são elaborados a partir de Comitês formados pelos principais interessados (*stakeholders*), que são as empresas de energia elétrica, fornecedores e o governo. O Pier desenvolve suas atividades de planejamento que se apoiam na elaboração de *roadmaps*. Os *roadmaps* definem as grandes tendências e os grandes desafios tecnológicos a partir dos quais são construídos objetivos estratégicos e são elaborados os programas e os projetos. O exercício de planejamento leva à definição dos projetos, montantes de recursos e à escolha dos atores que serão incumbidos pela sua execução, que na maior parte das vezes participam da própria elaboração do planejamento.

A crescente importância das empresas, principalmente dos fabricantes, na definição dos rumos da trajetória tecnológica do setor elétrico conduziu à moldagem de uma nova forma de política tecnológica para o setor. Essas políticas adotam como princípio norteador o domínio do setor privado na condução dos esforços de P&D. Essa é a garantia para que esses esforços resultem em inovação. O Estado conduz a política fixando metas e normas que garantem o processo de aprendizagem e difusão de novas tecnologias que ainda não alcançaram o estágio competitivo. Esse tipo de política foi principalmente adotado nos países desenvolvidos para viabilizar a propagação das energias renováveis como a eólica e a solar. Um levantamento realizado por Lewis e Wiser (2007) para energia eólica demonstra que as intervenções governamentais na maioria dos países bem-sucedidos na promoção desse tipo de energia se apoiam em uma combinação de políticas de oferta e de demanda. As políticas de oferta, como as de conteúdo nacional para equipamentos adquiridos pelas concessionárias, créditos e subsídios para fabricantes de equipamentos mais eficientes, desoneração de impostos de importação para componentes e peças de turbinas eólicas, crédito à exportação e certificação, tiveram grande impacto sobre a formação da capacidade de países como Dinamarca, Espanha e Alemanha, que lideraram a indústria de equipamentos eólicos. Mas o sucesso dessas políticas se baseou na combinação de intervenções de oferta e demanda. As políticas de demanda foram decisivas para criar condições favoráveis à formação de uma demanda estável e ascendente

de energia de fontes renováveis. Os instrumentos usados foram o estabelecimento de vantagens fiscais para a venda de energia eólica, metas mandatórias para seu consumo, tarifas vantajosas, e, em certos casos, como o do Reino Unido, a realização de leilões de sítios eólicos junto com incentivos financeiros. Esses mecanismos de política moldam arranjos institucionais específicos que definem formas distintas de repartição dos custos e dos ganhos advindos da difusão dessas novas tecnologias.

### **Conclusões sobre a experiência internacional**

O modelo de regulação teve forte influência sobre o arranjo institucional da P&D do setor elétrico. No pós-guerra, sedimentou-se, nesse setor, um modelo de regulação com forte presença do Estado. Quando o Estado não se tornou proprietário das empresas concessionárias, ele se fez presente através de forte regulação. As empresas concessionárias, públicas ou privadas, dispuseram de virtuais monopólios regionais ou até nacionais dependendo do modelo nacional. O monopólio sobre um determinado mercado foi dado em troca de uma política de serviço público, que previa atendimento universal aos cidadãos. Os preços foram fortemente regulados por conta da falta de concorrência. Esse modelo de regulação se refletiu em forte presença do Estado no financiamento e na execução da P&D do setor elétrico. A presença dele foi muito importante no financiamento da pesquisa de maior risco, mas não unicamente. O volume de gastos em P&D aumentou muito em decorrência dos dois choques do petróleo e foi canalizado para a pesquisa nuclear. A P&D do setor empresarial foi tradicionalmente executada pelos grandes fornecedores de equipamentos, de forma que o setor elétrico pôde ser considerado como dominado por eles. No entanto, o modelo de regulação do pós-guerra favoreceu o aumento de importância das empresas elétricas no esforço setorial de P&D. Quando não havia predomínio de uma grande empresa pública, o modelo adotado pelas concessionárias privadas consistiu em reunir os esforços de pesquisas não proprietárias em forma cooperativa. A principal razão para esse formato institucional consistiu no fato de grande parte da pesquisa feita pelas empresas elétricas ser não proprietária.

As reformas voltadas à quebra de monopólio, à introdução da concorrência e à privatização e desmembramento de empresas públicas trouxeram mudanças

profundas para o arranjo institucional e para a dinâmica da P&D do setor elétrico. Houve um processo de concentração das competências e dos esforços de inovação junto aos fornecedores em detrimento das empresas elétricas. Nestas, o retrocesso em termos de esforços ocorreu tanto na pesquisa cooperativa quanto na pesquisa proprietária. O aumento da concorrência na prestação dos serviços e a diminuição das barreiras à entrada levaram as concessionárias a delegarem os esforços para seus fornecedores. Uma parte da P&D cooperativa deixou de ser executada porque as empresas buscaram aumentar sua rentabilidade cortando seus custos. Porém, não foi unicamente a P&D empresarial que foi afetada pelas reformas liberais. Os recursos orçamentários destinados à P&D do setor energético reduziram-se drasticamente desde o início dos anos 80. Esse decréscimo não afetou apenas a pesquisa nuclear, mas também aquela relacionada com energias renováveis e eficiência energética.

A partir das reformas liberais, e de certa forma como uma tentativa para a correção de rumo, novas modalidades de políticas estão emergindo. Não cabe mais ao Estado um papel tão importante no financiamento e no desenvolvimento das novas tecnologias, embora ele não deixe de ter um papel determinante. A responsabilidade de desenvolver as novas tecnologias é deixada para a pesquisa industrial, ainda que institutos governamentais possam vir a exercer um papel de parceiro em certos projetos. A coordenação da política é partilhada com o setor privado, como ilustra o caso do Pier na Califórnia. Essas políticas foram bem-sucedidas quando souberam combinar expansão do mercado interno com o desenvolvimento da indústria de equipamentos. Essa nova modalidade, ao dar muita ênfase à indústria, não preenche as necessidades de desenvolvimento de pesquisa de longo prazo. Além disso, os cortes nos gastos de pesquisa pública estão comprometendo o fôlego tecnológico da indústria, como mostra bem o caso americano.

A nova orientação para a empresa e para os fornecedores não deve esconder que as intervenções públicas nos países desenvolvidos estão muito bem articuladas. As políticas de P&D não estão isoladas, formam parte de um conjunto coordenado de políticas industriais de oferta e demanda. Essas políticas foram efetivas porque souberam reunir um conjunto de atores privados e públicos fortes e que demonstram grande capacidade para agir de forma coordenada e convergente.





## **Organização dos diferentes atores institucionais na execução dos esforços de P&D e de inovação do setor elétrico brasileiro**

O sistema de inovação existente no setor elétrico brasileiro é muito recente. O setor privado que primeiramente implantou a indústria elétrica no Brasil era de pequeno porte e realizava esforços muito limitados em investimentos elétricos. O atraso nacional nesse campo explica a presença desde muito cedo de empresas estrangeiras que passaram a liderar as atividades de geração e distribuição de energia elétrica.

### **A evolução do regime de regulação do setor elétrico brasileiro**

O governo brasileiro, preocupado com a importância que a energia elétrica tinha para o processo de industrialização do país, passou a regular essa atividade na década de 1930 com a implementação da regulamentação federal do Código das Águas. Esse novo marco jurídico tornava de interesse público as riquezas hídricas, que podiam ser utilizadas para a geração de energia elétrica. O poder público tinha o direito de desapropriar e conceder a uma empresa elétrica a exploração do recurso. Essa mesma legislação regulamentava a tarifa de energia elétrica que deveria ser estabelecida pelo poder público em um nível que permitisse a remuneração do investimento pelo concessionário.

Os desajustes crescentes entre a lenta expansão da oferta por parte do setor privado (estrangeiro) e o rápido crescimento do consumo levaram o governo federal e os governos estaduais de estados importantes a criarem empresas estatais de energia elétrica. A primeira estatal federal foi a Companhia

Hidroelétrica do Rio São Francisco (Chesf) e estadual, a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), do Rio Grande do Sul. Houve também uma mudança qualitativa do padrão de intervenção pública do governo federal com o lançamento do Plano Federal de Eletrificação durante o segundo governo Vargas. Foi a primeira vez que se propôs um plano nacional de eletrificação para o país. Até então predominaram iniciativas isoladas de empresas regionais. No bojo da aprovação do Plano foi criado o Imposto Único sobre Energia Elétrica, que viria a se constituir na primeira fonte de recursos para o financiamento das inversões do setor elétrico. Durante a segunda metade dos anos 50 foi criada a empresa federal Furnas com a incumbência de integrar os sistemas de produção e consumo dos três principais estados da federação (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais). O projeto da Eletrobrás, barrado no segundo governo Vargas, só passaria no governo Jango e seria implementado durante o regime militar.

Essa evolução conturbada da intervenção pública no setor elétrico nos leva a um arranjo institucional singular em que existe uma grande empresa estatal, a Eletrobrás, que congrega as estatais federais anteriores (Furnas, Chesf) e mais algumas novas que vieram a ser criadas após a sua constituição (Eletronorte, Eletrosul), à qual se juntam as estatais estaduais anteriores (CEEE, Cemig) e posteriores (Cesp, Copel). As empresas privadas foram crescentemente perdendo espaço e as estrangeiras acabaram sendo adquiridas pelo poder público. A Eletrobrás assumiu a posição de coordenador, planejador, financiador e grande líder desse sistema em que, no entanto, as partes mais importantes não deixaram de possuir grande autonomia.

A centralização do sistema brasileiro era totalmente coerente com as condições técnicas presentes nessa indústria. A exploração de energia hidroelétrica, que era muito abundante no país, requeria grandes obras de engenharia que só poderiam ser executadas por grandes empresas. Já a integração das unidades de geração numa única rede de transporte e distribuição permitia um aproveitamento muito mais racional dos recursos. Essa integração, pelo lado da geração, era importante tanto no nível da bacia hidrográfica como entre diferentes bacias. Pelo lado da demanda, a integração de distintas unidades consumidoras permitia maior estabilidade das curvas de carga. Assim, existe certo paralelismo entre o predomínio da energia hidroelétrica com a formação de um grande sistema integrado de geração e consumo em escala continental.

O modelo institucional centralizado começou a entrar em crise a partir do primeiro choque do petróleo de 1973. Embora o choque tenha ocorrido com o petróleo e o Brasil dependesse muito pouco desse energético para a geração de energia elétrica, as condições econômicas favoráveis em que essa indústria operava começaram a se modificar radicalmente. A energia hidroelétrica tornou-se uma das alternativas claras ao petróleo para uso na indústria. Ademais, para responder ao desafio do crescente *deficit* comercial, causado em parte pelo choque do petróleo, o governo passou a incentivar grandes projetos de bens industriais intensivos em energia elétrica (alumínio, aço, cobre, papel e celulose, etc.).

A situação das estatais brasileiras de eletricidade também se deteriorou financeiramente. Para fazer frente ao aumento da inflação, o governo passou a conter os reajustes das tarifas públicas. A política tarifária foi usada para atrair vultosos investimentos industriais, como na área de produção de alumínio. Com isso, deterioraram-se as contas das empresas estatais. A afluência de petrodólares facilitou, em parte, o endividamento externo das empresas estatais brasileiras.

Os custos de geração que eram candentes tenderam a aumentar. Para isso contribuíram o aumento das distâncias entre os centros de geração e os mercados consumidores, e, sobretudo, os custos ambientais crescentes que começaram a ser internalizados pelas empresas elétricas. O caso da hidroelétrica de Sobradinho é considerado um marco nessa história pela magnitude do lago inundado e pela quantidade de pessoas deslocadas. Por conta da pressão da população ribeirinha, que passou a se organizar e a ter o respaldo de outros segmentos da sociedade civil, os custos do empreendimento foram substancialmente majorados. Organismos financeiros internacionais, como o Banco Mundial, até então engajados no financiamento dessas obras de infraestrutura, tornaram-se muito mais reticentes em apoiar financeiramente essa modalidade de projeto.

Entretanto, a maior crise do setor elétrico se concretizaria durante a década de 80. A política de arrocho tarifário se acentuaria ao passo que a demanda continuaria a crescer aceleradamente por conta da política energética que incentivava o uso da energia elétrica no lugar do petróleo. A partir da segunda metade da década de 70, o governo federal instituiu a equalização

tarifária. Com isso, as empresas elétricas do Centro-Sul viram-se compelidas a transferir vultosos recursos para empresas menos eficientes do Norte e Centro-Oeste. A situação financeira das empresas do setor elétrico começou efetivamente a se agravar, no início da década de 80, por conta do peso da dívida externa, que era alta e em grande parte em dólares, e por conta do arrocho tarifário. Houve um duplo processo de cortes substantivos nos investimentos e de inadimplência entre empresas.

Como foi dito anteriormente, embora o sistema brasileiro estivesse centralizado pela Eletrobrás, ele se estruturava em torno a um emaranhado de empresas federais e estaduais que eram profundamente interdependentes entre si. Algumas geravam e outras distribuíam. As empresas elétricas, com grandes dificuldades financeiras, passaram a não pagar mais suas dívidas entre si. Assim, o sistema quase entrou em colapso durante a segunda metade da década de 80. À época foi formado um grupo de trabalho que elaborou um relatório chamado de “Revise”, no qual se recomendava uma profunda reforma do setor, sobretudo da política tarifária, e o abandono dos sistemas de transferência de recursos entre empresas elétricas.

A reforma do setor elétrico não sairia da forma como a tecnocracia elétrica brasileira almejava à época. Já no final dos anos 80 se consolidavam nos organismos internacionais propostas que recomendavam uma reestruturação muito mais profunda do setor elétrico dos países em desenvolvimento. Inspirando-se no modelo inglês passou-se a receitar a privatização das empresas do setor elétrico como forma de resolver simultaneamente os problemas de dívida externa/interna e do financiamento do investimento no setor elétrico. O setor privado se incumbiria, a partir dessa nova etapa, de assumir o papel de financiar o investimento do setor elétrico, enquanto o Estado ficaria com a função da regulação. Nesse modelo, como vimos anteriormente, a concorrência se encarregaria de transferir os ganhos de eficiência para os consumidores.

A reforma do setor elétrico começou a se efetivar a partir do governo Fernando Henrique Cardoso. As privatizações principiaram antes que o novo modelo institucional se constituísse. As primeiras privatizações ocorreram nas distribuidoras federais (Light e Excelsa). Ao mesmo tempo o Governo suprimiu a equalização tarifária e passou à Lei de Concessões, que acabaria

com o princípio dos monopólios regionais das empresas elétricas. Essa lei possibilitou a concorrência entre as empresas do setor. Porém, a instituição do órgão regulador somente veio depois, com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 1997.

Essa reforma do setor elétrico brasileiro se inspirou diretamente no modelo britânico. Buscou-se desmembrar as empresas em geração, transporte e distribuição. No caso paulista, que acompanhou ao extremo esse modelo, as atividades de geração e de distribuição das Centrais Elétricas de São Paulo (Cesp) foram subdivididas entre várias empresas. O transporte, por ser um monopólio natural, teria que ficar numa única empresa, mas que estaria sob o controle das demais empresas elétricas.

As privatizações foram atrativas para o setor privado porque o Governo introduziu um profundo reajuste das tarifas e equacionou o endividamento dessas empresas. Apesar da abertura do setor a novos empreendimentos, a iniciativa privada não se interessaria em fazer novos investimentos. Para os empresários, a aquisição dos ativos existentes seria muito mais atrativa. O investimento na geração térmica também não seria vantajoso diante dos baixos custos de produção da energia hidroelétrica. No campo da geração hidroelétrica, os custos ambientais eram crescentes por conta de uma legislação ambiental cada vez mais rigorosa. Esses custos eram tanto maiores quanto maior era a incerteza sobre o processo jurídico de aprovação de novos empreendimentos. Diante desse contexto de forte aversão ao risco da iniciativa privada, o Governo não soube articular um projeto consistente que permitisse a retomada do investimento no setor.

O novo modelo institucional acabou dando muito poder ao órgão regulador, que não possuía competência e nem atributos para planejar o desenvolvimento do setor. As privatizações foram guiadas pela busca da maximização do valor de venda das empresas estatais, sem preocupação em garantir o investimento. A desvalorização do real acabou afugentando os investidores estrangeiros que amargaram grandes perdas. O resultado dessa política atribulada foi o racionamento em 2001. O mais grave nesse episódio, além da carência estrutural de investimento do novo modelo, foi a incapacidade das autoridades em antecipar a escassez energética e em tomar as medidas preventivas necessárias.

Apenas quando a falta de energia se tornou inelutável é que o Governo decidiu tomar medidas inéditas na história moderna brasileira de racionamento energético. O mais singular aspecto dessa situação consistiu na impressionante capacidade da população brasileira em economizar energia sem comprometer o funcionamento das atividades econômicas do país. O outro cenário seria um colapso parcial da atividade econômica e, em decorrência, sucessivos apagões, nome, aliás, que foi injustamente atribuído a esse episódio.

O maior prejudicado desse episódio ímpar da história recente foi o modelo neoliberal de regulação do setor energético. Houve uma importante mudança de rumo da política energética brasileira. Desde então, o governo novamente passou a organizar a atividade do setor elétrico. A própria natureza do “apagão” levou as autoridades a terem que assumir uma responsabilidade muito maior sobre o abastecimento energético do país. O governo Lula ensaiou, desde 2003, uma mudança de rumo no modelo instituído a partir das reformas neoliberais.

Na verdade, a mudança de rumo na reforma liberal vem sendo ensaiada desde o início de sua implementação. O modelo inglês recomendado ao país pelo Relatório Coopers e Lybrand, em 1995, pressupunha privatização e desmembramento das empresas estatais em geradoras, transportadoras e distribuidoras. Esse modelo, como foi observado na época pelos técnicos do setor elétrico, era inapropriado para o sistema técnico como o brasileiro, com forte domínio hídrico e a grande complementaridade dos regimes das grandes bacias hidrográficas. O sistema técnico brasileiro para ser operado de uma forma eficiente requeria uma gestão centralizada. A regulação descentralizada realizada pelo mercado do modelo inglês seria apenas compatível com um sistema técnico apoiado na energia térmica, em que o papel dos produtores independentes seria importante.

A coordenação das atividades de geração, transporte e distribuição, que era assumida anteriormente pela Eletrobrás, passaria ao controle de um órgão colegiado subordinado às demais empresas. Invertia-se a lógica do sistema anterior. Não eram as empresas concessionárias que seriam submetidas à Eletrobrás, mas o órgão coordenador do sistema que estaria submetido a ela. A realidade desse órgão acabou se revelando bastante diferente do figurino inicial. O Operador Nacional de Sistemas, que herdou toda infraestrutura de

despacho da Eletrobrás, logo assumiria uma função de forte controle sobre a quantidade e a orientação dos fluxos energéticos no sistema integrado.

As grandes empresas estatais de geração acabaram não sendo privatizadas. O movimento das privatizações já tinha sido abortado pela desvalorização do real, que afugentou os investidores estrangeiros. A retomada do investimento das empresas estatais e das privadas demonstrou-se bastante problemática.

Mesmo que o governo consiga viabilizar, por meio do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da liquidez interna das estatais, recursos financeiros destinados ao investimento, a expansão demonstra-se hoje mais difícil do que no passado. Os obstáculos ambientais para novos empreendimentos hidroelétricos são consideráveis. No caso da bacia amazônica, os projetos foram completamente redesenhados para reservatórios de muito menor dimensão. Por outro lado, a geração térmica a gás, que foi colocada durante certo tempo como a grande saída para o setor elétrico, demonstrou-se inviável diante da escassez de gás natural no Brasil.

De qualquer forma, o novo arranjo que se instituiu a partir do governo Lula mistura intervencionismo público com um certo nível de concorrência. A Aneel perdeu poder frente ao Ministério de Minas e Energia, que passou a coordenar o planejamento do setor. Uma das mudanças mais substanciais consistiu na passagem para o Ministério do controle dos empreendimentos a serem licitados. O Governo criou também a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), incumbida de realizar o planejamento do setor elétrico, função que era anteriormente exercida pela Eletrobrás.

Esse modelo apesar de buscar uma coordenação central do sistema elétrico enfrenta sérias dificuldades em face da grande pluralidade de atores, que atualmente são dotados de muito maior autonomia. O planejamento é essencialmente indicativo e pressupõe que os atores irão aderir aos incentivos criados pelo Governo. Mesmo as empresas estatais são dotadas de lógicas específicas algumas vezes conflitivas entre elas, como pode ser observado na licitação do Rio Madeira, em que concorreram estatais associadas a grandes grupos privados. A EPE tem uma competência limitada frente às grandes empresas do setor para exercer sua função de coordenação e de planejamento. A Eletrobrás, por seu lado, perdeu a sua missão dentro do sistema.

A transição do sistema elétrico para uma coordenação descentralizada deve ser um processo demorado e complexo. Tanto atores públicos como privados ainda precisam se firmar como grandes líderes. Por outro lado, os produtores independentes ainda necessitam se consolidar dentro do mercado elétrico. Atualmente, eles são muito marginais dentro do sistema. Porém, seu potencial é muito significativo. A biomassa, a energia eólica, as PCHs e a cogeração a gás são candidatas naturais para a produção independente. No entanto, o preço da energia precisa se manter em um nível elevado para justificar esses investimentos.

### **Arranjo institucional e sistema setorial de inovação no setor elétrico brasileiro**

A constituição de capacidades tecnológicas no setor elétrico é praticamente concomitante à consolidação das empresas estatais desse setor. Foi principalmente a criação da Eletrobrás que gerou o maior impulso à institucionalização da atividade de P&D nas empresas do setor elétrico. O arranjo institucional adotado foi o da pesquisa colaborativa. O órgão criado pela Eletrobrás para centralizar as atividades de pesquisa do setor foi o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). Além das empresas de eletricidade, as competências se localizam nos grandes fornecedores de equipamentos, quase todos exclusivamente filiais de empresas multinacionais, e nas empresas de engenharias nacionais, responsáveis pelas grandes obras. Esse arranjo foi primeiramente abalado pela queda acentuada no investimento que se concretizou a partir da década de 80. Por outro lado, as reformas institucionais redefiniram as posições desses atores no processo setorial de inovação.

### **O Cepel e a pesquisa cooperativa**

Com o advento do regime militar cristalizaram-se as contradições do pacto social conservador. Por um lado, os militares consolidaram o poder das empresas estatais; por outro, se acentuava a dependência tecnológica da industrialização brasileira, liderada pelas empresas multinacionais. Desde o final dos anos 60, os planos diagnosticavam um excesso de dependência da



tecnologia externa. Propunha-se claramente um aumento do esforço interno de modo a atender às necessidades de desenvolvimento do país.

Preocupado com a falta de capacidade tecnológica em vários setores produtivos, o governo federal buscou incentivar as empresas estatais para que estabelecessem atividades de pesquisa e inovação, de maneira a atenuar a excessiva dependência tecnológica que penalizava a balança de transações correntes do país.

No setor elétrico havia completa dependência das empresas estrangeiras. Havia alguma infraestrutura de pesquisa, instalada em universidades (São Paulo e Itajubá) ou centros de pesquisa (Instituto Nacional de Tecnologia – INT), que atendia às necessidades de teste de equipamentos das empresas elétricas. A indústria de bens de capital trazia toda a tecnologia de fora do país.

A expansão muito rápida da produção de eletricidade colocava enormes desafios devido à grande complexidade dos empreendimentos. Esses aspectos levaram o governo através do Ministério de Minas e Energia a recomendar a aplicação de 0,5% da receita das empresas do setor elétrico em P&D. A Eletrobrás, seguindo as recomendações do Ministério, criou o Fundo de Desenvolvimento Tecnológico (FDT). Esses recursos destinaram-se ao Cepel, que foi criado em 1974 e ficou localizado na Ilha do Fundão, ao lado do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Américo Leopoldo Miguez de Mello (Cenpes) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O projeto do Centro de Pesquisas foi elaborado por Furnas, que se inspirou diretamente no Centro de Pesquisas da Hydro-Québec, a empresa da estatal da província de Quebec, no Canadá. Essa empresa era líder na transmissão em alta voltagem de grandes volumes de eletricidade a longa distância, que já se colocava como sendo o grande desafio tecnológico da indústria elétrica brasileira.

O Cepel foi estruturado comportando duas áreas principais: o Laboratório de Sistemas Elétricos, onde ficam localizados a sede e os laboratórios de materiais e de eletrônica; e o Laboratório de Equipamentos Elétricos, que se destina ao teste de materiais e equipamentos em alta voltagem, localizado em Adrianópolis, próximo a uma subestação de Furnas.

O Cepel teve uma atuação decisiva na capacitação tecnológica das empresas do setor elétrico no Brasil. Esse Centro participou ativamente da formação de mão de obra especializada, dando três grandes contribuições: a melhora

da qualidade dos equipamentos fabricados no país, por ter dado sustentação à criação da capacitação para a realização de ensaios de equipamentos de grande porte que até então não eram executados no país; o desenvolvimento de equipamentos de controle, supervisão e proteção de subestações e linhas de transmissão, baseados nas aplicações de eletrônica digital; e, na área de pesquisa e teoria de sistemas, desenvolvendo programas de computador para o planejamento e a operação de sistemas elétricos (SOARES, p. 230, 1997).

Embora a contribuição prevista por lei fosse aplicável a todas as empresas do setor elétrico, o Cepel foi essencialmente financiado pela Eletrobrás. Nos tempos áureos do Centro, o financiamento da Eletrobrás chegou a representar 90% dos seus recursos orçamentários. Ele contava também com o apoio dos membros fundadores que são a Chesf, Eletronorte, Eletrosul e Furnas. No entanto, a partir dos anos 80, com o agravamento da crise do setor elétrico, a sua situação financeira começou a degradar-se consideravelmente. Os recursos destinados ao Centro eram inferiores, em 1992, em termos nominais, aos de 1980, quando alcançaram US\$ 26,6 milhões.

**Tabela 4: Estrutura de financiamento do Cepel**

|                              | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Eletrobrás</b>            | 86,0   | 80,9   | 92,0   | 89,4   | 52,6   | 47,0   |
| <b>Sócios Fundadores</b>     | 10,9   | 13,1   | 3,7    | 5,7    | 34,9   | 31,0   |
| <b>Recursos Próprios</b>     | 2,8    | 4,2    | 1,9    | 1,8    | 7,4    | 5,7    |
| <b>Recursos de Terceiros</b> |        |        |        |        |        |        |
| <b>Outros</b>                | 0,3    | 1,8    | 2,4    | 3,1    | 5,1    | 0,6    |
| <b>Total US\$</b>            | 33.602 | 28.302 | 25.002 | 29.402 | 37.627 | 45.760 |

Fonte: Cepel (apud SOARES, 1997)

Com a privatização das empresas do setor elétrico, a criação do CT-Energ e dos Projetos da Aneel, o Cepel ficou em situação de forte incerteza quanto à sua inserção dentro do sistema setorial de inovação. O projeto de reforma do setor elétrico, encomendado ao consórcio Coopers & Lybrnad, que previa a privatização da Eletrobrás e de suas afiliadas, quase não reservava perspectiva ao Cepel, a não ser a de torná-lo um centro prestador

de serviços para o setor elétrico. Nesse período, o Centro atravessou uma etapa muito difícil, tendo que, ao longo da segunda metade da década de 90, buscar fontes alternativas de financiamento através da venda de serviços. Os contratos externos, que eram 3,1% das fontes de financiamento em 1993, chegaram a representar 22% em 2001, quando o orçamento total do Centro alcançou apenas R\$ 42 milhões. A evolução do número de pessoas empregadas pelo Centro corrobora essa evolução. Esse número que era de 751 empregados, em 1990, caiu para 370 no final da década de 90, e só se recuperou mais recentemente.

A partir da crise aberta pelo racionamento de energia, na primeira década do atual século, o projeto de privatização do setor elétrico é praticamente engavetado no plano federal e em alguns estados. Com o governo Lula, a Eletrobrás volta a se afirmar como uma peça importante no cenário nacional. Essa mudança de rumo recolocou o Cepel como um dos atores centrais do sistema setorial de inovação. O orçamento do Centro vem se recuperando progressivamente após praticamente duas décadas de crise. Esse orçamento alcançou, em 2007, R\$ 135 milhões e o número de funcionários voltou a aumentar, alcançando a cifra de 505 pessoas. A atuação e empenho do diretor, João Lizardo Araújo – que era oriundo da área acadêmica –, durante o primeiro governo Lula, foram decisivos para a recuperação do Centro, sobretudo de sua capacidade de enfrentar os grandes desafios tecnológicos do setor elétrico.

Entretanto, os problemas de coordenação do atual arranjo institucional não são pequenos. Como veremos a seguir, os interesses que agora se afirmam não são convergentes, de forma que o modelo institucional da pesquisa cooperativa, centralizado no Cepel, tem dificuldade para se reafirmar.

### **As empresas elétricas**

Nessa categoria estão inseridas as empresas cujas atividades centrais consistem na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Essas empresas eram predominantemente estatais federais ou estaduais até a década de 90, quando se iniciou o processo de privatização. A Eletrobrás como *holding* do setor elétrico coordenava as atividades de financiamento,

planejamento de médio e longo prazo e despacho da energia. O sistema elétrico foi se tornando predominantemente integrado por conta da primazia da energia hidráulica como fonte primária de energia elétrica. A gestão do recurso hídrico implicava em tirar proveito da interdependência das unidades de geração, tanto dentro de uma mesma bacia hidrográfica quanto entre bacias distintas. O surgimento da atividade de planejamento do setor elétrico está claramente vinculado ao aproveitamento integrado de sistemas regionais que atuavam autonomamente. A criação de Furnas, que antecede à da Eletrobrás, representa claramente essa inflexão da atividade de planejamento do governo federal no setor elétrico.

A capacitação tecnológica presente nas empresas do setor elétrico é, em geral, anterior à criação do Cepel. Ela demarca a constituição dos primeiros esforços em termos de engenharia decorrentes da construção de barragens hidroelétricas de grande porte no país durante as décadas de 50 e 60. Essas estruturas de engenharia e de P&D se sedimentaram em função dos desafios que foram surgindo no setor elétrico.

Segundo Soares (1997), as principais matrizes dos esforços estaduais em busca e domínio de tecnologias estão localizadas em Minas Gerais, que contribuíram à formação das Centrais Elétricas de Minas Gerais (Cemig); no Rio Grande do Sul, com a CEEE; em São Paulo, para o que viria a ser a Cesp; e no Paraná, com a Companhia Paranaense de Energia (Copel). A experiência de Minas foi decisiva e contribuiu para a formação posterior de Furnas e da Eletrobrás. O projeto da central de Furnas era inicialmente estadual, mas seria encampado pelo governo federal pela importância estratégica para a formação de um sistema energético na região Sudeste.

Para descrever essa capacitação existente nas empresas elétricas utilizaremos os casos de Furnas, Eletronorte, Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e da Copel apresentados no trabalho de Soares (1997).

#### **a) Alguns exemplos de esforços de P&D em empresas elétricas**

Furnas foi de certa forma o embrião que deu origem à Eletrobrás. Apesar de a *holding* ter assumido uma parte de suas competências associada ao planejamento, construção e operação de redes de transmissão, Furnas conservou muitas capacitações associadas à construção de grandes barragens.

Furnas conta com um setor de engenharia muito forte. Esse setor reúne diversos departamentos, com destaque para os de Engenharia Civil, Elétrica, Mecânica, Telecomunicações e Conservação. O departamento de Engenharia Civil, o mais antigo e importante, adquiriu capacitação na construção de grandes empreendimentos hidrelétricos. O departamento de Engenharia Elétrica se encarregou dos esforços de capacitação de projetos dos equipamentos elétricos das usinas, subestações e linhas de transmissão. O departamento de Engenharia Mecânica responsabilizou-se pela contratação dos principais equipamentos mecânicos, como máquinas hidráulicas, equipamentos hidromecânicos e tubulações industriais. O departamento de Telecomunicações cuidava do planejamento, aquisição e implantação dos sistemas de telecomunicações de Furnas, e o departamento de Conservação, criado em 1993, zelava pela redução de desperdício de energia. Ao todo havia, em 1994, 262 engenheiros empregados no serviço de engenharia de Furnas.

A estatal também criou uma estrutura para desenvolver atividades de P&D dentro do seu Serviço de Engenharia. A estrutura interna de Furnas é composta de 5 unidades:

- Laboratório de medidas elétricas
- Laboratório de solos e concreto
- Centro de treinamento para operação e manutenção de usinas hidrelétricas e subestações
- Centro de treinamento para construção e fiscalização de obras de transmissão de energia elétrica
- Centro de simulação de sistemas elétricos

O esforço de P&D de Furnas foi em média de 0,2% de seu faturamento de 1990 a 1994. Esse esforço alcançou US\$ 6,6 milhões em 1994, que foi um pouco menor que os recursos mobilizados pela estatal na capacitação profissional de seus funcionários.

Furnas interagiu intensamente com grupos de pesquisa situados em universidades e centros de pesquisa, inclusive com o Cepel. Em 1994, Furnas despendia US\$ 1,2 milhão em contratos com 13 grupos de pesquisa, dos quais 11 eram da área de Engenharia Elétrica e 2 da área de Engenharia Civil.

As demais empresas elétricas brasileiras praticamente não possuíam estruturas internas de P&D. A Copel desenvolveu um convênio com a

Universidade Federal do Paraná (UFPR) para a criação de dois centros que realizavam pesquisa, o Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – CEHPAR – e o Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica – LAC. Em ambos eram realizados cursos e pesquisas para a Copel.

A CPFL é uma empresa de distribuição que abrigou um centro de pesquisa e treinamento durante os anos 80. O centro foi desativado por conta dos ajustes financeiros realizados pela mesma companhia ainda no final dessa década. Entretanto, a CPFL conservou uma política de contratação de pesquisa com as universidades. Em 1994, ela tinha um total de nove convênios em um valor de US\$ 1 milhão com universidades, centros de pesquisas e empresas.

O último caso citado pelo trabalho de Soares (1997) é o da Eletronorte. Essa empresa não dispunha de nenhum esforço interno de P&D. A tecnologia era adquirida externamente de fornecedores. A empresa chegou a gastar US\$ 1,8 milhão em licenças de *know-how* e assistência em 1994, mas nem sequer 1% desse montante foi gasto em contratos com universidades.

#### **b) Observações finais sobre os esforços de P&D das empresas elétricas**

Os esforços de P&D realizados internamente pelas empresas elétricas ainda eram muito limitados durante a década de 90. O caso mais expressivo era o de Furnas, que havia servido de embrião para a formação da Eletrobrás. Fora o caso dessa empresa, que tinha uma estrutura de P&D mais consolidada, o modelo mais comum das empresas que realizavam esforços internos era o da contratação de serviços da academia, caso este da CPFL e da Copel. Nesse último caso, houve um acordo para a criação de um Laboratório dentro da universidade. Tal modelo se verificou também entre a Cesp e a Universidade de São Paulo (USP). As demais empresas, que eram menos capacitadas, como é o caso da Eletronorte, recorreram ao Cepel ou à compra de tecnologia de fornecedores.

Ainda na década de 90 já era perceptível alguma frustração das empresas elétricas, mesmo das pertencentes ao sistema Eletrobrás, com a atuação do Cepel. O Centro atravessava uma dura crise da qual ele só parece começar a sair mais recentemente. As empresas elétricas, que tinham que se modernizar por conta de uma crescente concorrência, ficaram cada vez mais insatisfeitas com a incapacidade do Centro de Pesquisa em atender às demandas

tecnológicas específicas, como a melhoria da qualidade dos serviços e da produtividade, demandas de preservação ambiental, entre outras.

### **O comportamento inovativo da indústria de equipamentos elétricos brasileira**

A indústria de equipamentos elétricos é predominantemente controlada pelo capital estrangeiro desde o início da industrialização pesada do país. A implantação da indústria de material elétrico foi objeto de debate político no Brasil quando o segundo governo Getúlio quis implantar o projeto da Eletrobrás. Esse projeto acabou sendo bloqueado no Congresso pela oposição que não tolerava seu viés nacionalista e só veio a ser aprovado e implementado, sem o capítulo sobre a indústria de bens de capital, durante o governo João Goulart, no início da década de 60.

A implantação da indústria de material elétrico pesada ocorreria na segunda metade da década de 50, durante o governo Juscelino Kubitschek, quando o país decidiu abrir a indústria para o capital estrangeiro. No contexto dos grandes investimentos do Plano de Metas, as grandes empresas multinacionais construiriam plantas industriais e tornariam o país relativamente autossuficiente na fabricação de equipamentos elétricos. A produção de material elétrico cresceu 200% entre 1955 e 1960 (LAFER, 1975). No início da década de 80, quando o Brasil já completara praticamente quase todo o ciclo de substituição de importações, a indústria de material elétrico abastecia praticamente 80% da demanda interna. A participação das firmas estrangeiras no faturamento das 500 maiores empresas era de 54% em 1997.

A política da Eletrobrás consistiu em buscar aumentar a autonomia tecnológica do país, sobretudo após a criação do Cepel em 1974. Essa política se refletiu em um maior engajamento das empresas estrangeiras no esforço de P&D interno. Durante a década de 80, foram realizados importantes projetos no país visando à construção de grandes barragens, como Itaipu e Tucuruí, e foi feito um substancial esforço tecnológico para a construção do sistema de transmissão da energia elétrica até os centros de consumo. As linhas de transmissão de Itaipu representaram um importante desafio tecnológico para o país. Pela primeira vez foi implantado um sistema de transmissão de energia em corrente contínua. A indústria, em grande

parte estrangeira, enfrentou e superou o desafio tecnológico de fabricar e implantar grandes sistemas de geração e transmissão de energia.

Contudo, a crise vivida pelo setor elétrico afetou profundamente a indústria de material elétrico que dependia estreitamente do nível de investimentos das empresas do setor. Esse nível de investimentos, que era de US\$ 6 bilhões no final da década de 70, caiu para algo como US\$ 2 bilhões no final da década de 80 e início da década de 90. Isso levou a uma profunda reestruturação das empresas do setor. Alguns dos maiores fabricantes de turbinas e geradores fecharam suas atividades no país ou fundiram-se com outros. A ABB, que era uma das mais importantes do setor, encerrou suas atividades de fabricação de turbinas e geradores no país. A Siemens se associou com a Voith para sobreviver.

Mais recentemente, na primeira década do presente século, essa indústria assiste à retomada dos investimentos, porém ainda em níveis bastante inferiores aos da década de 70 e início dos anos 80. Apesar de a situação financeira das empresas elétricas ter melhorado bastante recentemente, as questões de ordem ambiental tornaram-se um dos principais óbices à retomada dos investimentos. O país domina a tecnologia de geração hidrelétrica e transmissão de energia a longas distâncias, porém é importador de equipamentos de geração térmica.

### **Estrutura produtiva e comportamento inovativo da indústria de equipamentos e material elétrico no Brasil**

A indústria de material elétrico é bastante diversificada. A Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) 1.0 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contabilizava 7 grupos setoriais a 3 dígitos, que eram: fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (31.1); equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica (31.2); fabricação de fios, cabos e condutores elétricos (31.3); fabricação de pilhas e baterias (31.4); fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação (31.5); fabricação de material elétrico para veículos (31.6); fabricação de outros aparelhos e equipamentos elétricos (31.9). Mais recentemente começaram a aparecer dados separados da divisão setorial manutenção e reparo de aparelhos e equipamentos elétricos (31.8). Deve-se salientar



que nem toda a atividade produtiva dessa indústria se destina à geração, transporte e distribuição de energia elétrica em empresas do setor. Uma parte substancial se relaciona com outros mercados, como o automobilístico e de equipamentos de consumo de energia elétrica, como o de lâmpadas elétricas. É notável também o fato de que a indústria de eletrodomésticos, como geladeira, ferro elétrico e micro-ondas, não pertença ao setor 31 de material elétrico, mas ao setor 29 de máquinas e equipamentos.

A indústria de material elétrico ocupa um lugar modesto dentro da estrutura industrial brasileira. Um conjunto de 875 empresas de mais de 30 empregados era responsável por 2,2% do produto da indústria de transformação e por 2,9% do emprego, em 2006, quando o valor da transformação industrial alcançou 11,1 bilhões de reais (Tabelas 5 e 6). Nota-se que durante um decênio, o PIB do setor elétrico aumentou 44% e o emprego, 24%. Esse crescimento foi mais acentuado, sobretudo no que concerne ao PIB, no primeiro quinquênio, que se estende de 1996 a 2001, do que no segundo. Assim, a parcela do PIB desse setor na indústria de transformação cai de 2,6%, em 2001, para 2,2%, em 2006.

O conjunto de setores que fabricam equipamentos para a geração e distribuição de energia elétrica, que compreendem os grupos 31.1, 31.2 e 31.3, representa 60,5% do produto e 53,9% do emprego da indústria de material elétrico. O peso relativo desses três grupos vem aumentando no que diz respeito ao produto. Os grupos 31.1 e 31.2, que incluem basicamente os equipamentos destinados à geração, transporte e distribuição de energia elétrica, são responsáveis por 41% do produto setorial. A evolução da demanda foi muito mais favorável para o grupo 31.1, de geração, transformação e motores elétricos, do que para o 31.2, de equipamentos para o controle e distribuição de energia.

Entre os quatro grupos setoriais que compõem o setor elétrico, o de maior expressão em termos de produto e emprego é o 31.6, de fabricação de material elétrico para veículo sem bateria. Esse grupo era responsável, em 2006, por mais de um quarto do produto do setor elétrico. Juntando com baterias chega-se a 30% do produto setorial, colocando a indústria como o segundo maior cliente do setor de material elétrico.

**Tabela 5: Indicadores econômicos da Indústria de Transformação, do setor de Equipamentos e Aparelhos Elétricos e das Divisões Setoriais a 3 dígitos (valores corrigidos pelo IGP-DI) - Empresas com 30 ou mais empregados**

| deflacionado pelo IGP-M |   | 1996               |                           |                                    |                                  |                                   |       | 2001               |                           |                                    |                                  |                                   |       | 2006               |                           |                                    |                                  |                                   |       |
|-------------------------|---|--------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Código CNAE             | Classe de atividades  | Número de empresas | Receita líquida de vendas | Valor bruto da produção industrial | Custos das operações industriais | Valor da transformação industrial | %     | Número de empresas | Receita líquida de vendas | Valor bruto da produção industrial | Custos das operações industriais | Valor da transformação industrial | %     | Número de empresas | Receita líquida de vendas | Valor bruto da produção industrial | Custos das operações industriais | Valor da transformação industrial | %     |
|                         |   |                    | 1 000 R\$                 | 1 000 R\$                          | 1 000 R\$                        |                                   |       |                    | 1 000 R\$                 | 1 000 R\$                          | 1 000 R\$                        |                                   |       |                    | 1 000 R\$                 | 1 000 R\$                          | 1 000 R\$                        |                                   |       |
| D                       | Indústrias de transformação   | 24 044             | 856 565 425               | 811 995 559                        | 429 696 255                      | 382 299 303                       |       | 26 346             | 1 047 206 537             | 992 870 102                        | 555 245 465                      | 437 624 637                       |       | 33 372             | 1 239 109 501             | 1 171 289 633                      | 666 337 590                      | 504 952 043                       |       |
| 31                      | Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos                     | 652                | 21 999 487                | 20 292 137                         | 10 153 898                       | 10 138 239                        | 2,65  | 678                | 30 055 704                | 27 875 159                         | 16 242 140                       | 11 633 019                        | 2,66  | 875                | 31 683 710                | 29 889 166                         | 18 722 348                       | 11 166 818                        | 2,21  |
| 31.1                    | Fabricação de geradores, transformadores e outros aparelhos elétricos       | 109                | 4 580 987                 | 4 150 369                          | 2 169 432                        | 1 980 934                         | 19,54 | 119                | 7 186 628                 | 6 807 017                          | 3 747 238                        | 3 059 779                         | 26,30 | 135                | 8 761 193                 | 8 325 873                          | 5 026 006                        | 3 299 868                         | 29,55 |
| 31.2                    | Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica | 139                | 3 990 599                 | 3 484 050                          | 1 531 277                        | 1 952 776                         | 19,26 | 156                | 4 426 883                 | 3 701 448                          | 1 771 728                        | 1 929 719                         | 16,59 | 195                | 3 709 492                 | 3 502 152                          | 1 921 914                        | 1 580 238                         | 14,15 |
| 31.3                    | Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados                   | 109                | 4 295 424                 | 4 266 720                          | 2 413 961                        | 1 852 756                         | 18,27 | 108                | 6 891 869                 | 6 825 704                          | 4 744 181                        | 2 081 523                         | 17,89 | 121                | 7 471 255                 | 7 442 884                          | 5 565 341                        | 1 877 543                         | 16,81 |
| 31.4                    | Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos                     | 27                 | 1 628 963                 | 1 411 511                          | 694 498                          | 717 013                           | 7,07  | 26                 | 1 302 475                 | 1 145 093                          | 707 034                          | 438 059                           | 3,77  | 42                 | 1 498 650                 | 1 446 879                          | 878 810                          | 568 069                           | 5,09  |
| 31.5                    | Fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação                         | 104                | 1 887 575                 | 1 519 983                          | 690 408                          | 829 576                           | 8,18  | 110                | 1 811 479                 | 1 449 141                          | 754 300                          | 694 841                           | 5,97  | 116                | 2 098 803                 | 1 459 408                          | 855 888                          | 603 520                           | 5,40  |
| 31.6                    | Fabricação de material elétrico para veículos - excusive baterias           | 71                 | 4 553 127                 | 4 491 203                          | 2 217 783                        | 2 273 420                         | 22,42 | 73                 | 7 100 598                 | 6 627 535                          | 3 821 143                        | 2 806 390                         | 24,12 | 104                | 6 811 572                 | 6 424 509                          | 3 862 576                        | 2 561 933                         | 22,94 |
| 31.9                    | Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos                     | 93                 | 1 062 811                 | 968 303                            | 436 540                          | 531 763                           | 5,25  | 85                 | 1 335 774                 | 1 319 222                          | 696 514                          | 622 708                           | 5,35  | 116                | 1 050 974                 | 1 017 116                          | 471 456                          | 545 661                           | 4,89  |
| 31.8                    | Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos         |                    |                           |                                    |                                  |                                   |       |                    |                           |                                    |                                  |                                   |       | 44                 | 281 770                   | 270 344                            | 140 357                          | 129 987                           | 1,16  |

Fonte: IBGE (1996, 2001, 2006)

**Tabela 6: Pessoal ocupado na Indústria de Transformação, no Setor de Material e Equipamentos Elétricos e nas Divisões a 3 dígitos. (Empresas com 30 ou mais empregados)**

| Código CNAE | Pessoal ocupado   |          |           |       | Pessoal ocupado |           |       | Pessoal ocupado |           |       |
|-------------|---|----------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------|
|             |   | Número   |           |       | Número          |           |       | Número          |           |       |
|             | Classe de atividades  | de       | Em        | %     | de              | Em        | %     | de              | Em        | %     |
|             |   | empresas | 31.12     |       | empresas        | 31.12     |       | empresas        | 31.12     |       |
|             |   | 1996     |           |       | 2001            |           |       | 2006            |           |       |
| D           | Indústrias de transformação   | 24 044   | 4 139 060 |       | 26 346          | 4 187 836 |       | 33 372          | 5 283 670 |       |
| 31          | Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos                     | 652      | 126 038   | 3,05  | 678             | 137 216   | 3,28  | 875             | 156 032   | 2,95  |
| 31.1        | Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos                | 109      | 27 725    | 22,00 | 119             | 33 444    | 24,37 | 135             | 41 020    | 26,29 |
| 31.2        | Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica | 139      | 24 449    | 19,40 | 156             | 27 903    | 20,34 | 195             | 23 100    | 14,80 |
| 31.3        | Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados                   | 109      | 18 888    | 14,99 | 108             | 17 911    | 13,05 | 121             | 20 013    | 12,83 |
| 31.4        | Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos                     | 27       | 8 539     | 6,77  | 26              | 6 447     | 4,70  | 42              | 9 005     | 5,77  |
| 31.5        | Fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação                         | 104      | 13 763    | 10,92 | 110             | 13 279    | 9,68  | 116             | 12 202    | 7,82  |
| 31.6        | Fabricação de material elétrico para veículos - exclusive baterias          | 71       | 25 685    | 20,38 | 73              | 30 954    | 22,56 | 104             | 38 788    | 24,86 |
| 31.8        | Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos         |          |           | -     |                 |           | -     | 44              | 3 130     | 2,01  |
| 31.9        | Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos                     | 93       | 6 988     | 5,54  | 85              | 7 278     | 5,30  | 116             | 8 773     | 5,62  |

Fonte: IBGE (1996, 2001, 2006)

**Tabela 7: Produtividade do Setor de Fabricação de Aparelhos e Equipamentos Elétricos (Mil R\$ 2006/empregado)**

| Código CNAE | Classe de atividades  | 1996   | 2001    | 2006   |
|-------------|---|--------|---------|--------|
| D           | <b>Indústrias de transformação</b>  | 92,364 | 104,499 | 95,568 |
| 31          | Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos                     | 80,438 | 84,779  | 71,567 |
| 31.1        | Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos                | 71,449 | 91,490  | 80,445 |
| 31.2        | Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica | 79,871 | 69,158  | 68,409 |
| 31.3        | Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados                   | 98,092 | 116,215 | 93,816 |
| 31.4        | Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos                     | 83,969 | 67,948  | 63,084 |
| 31.5        | Fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação                         | 60,276 | 52,326  | 49,461 |
| 31.6        | Fabricação de material elétrico para veículos - exclusive baterias          | 88,512 | 90,663  | 66,050 |
| 31.9        | Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos                     | 76,097 | 85,560  | 62,198 |
| 31.8        | Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos         |        |         | 41,529 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA (IBGE, 1996, 2001, 2006)  
Deflator IGP-DI da FGV (ano base 2006)

Dois fatos notáveis relativos à produtividade do setor de fabricantes de equipamentos e aparelhos elétricos devem ser destacados. O primeiro diz respeito à menor produtividade quando comparado à média da indústria de transformação (Tabela 7). Esse aspecto suscita perplexidade tanto maior porque esse setor faz parte das modernas indústrias oriundas da Segunda Revolução Industrial, sendo liderado por grandes empresas multinacionais com importantes esforços tecnológicos e um grau elevado de inovatividade. O segundo aspecto relaciona-se com a composição entre os diferentes grupos industriais. Os grupos de maior relevo são, por ordem decrescente, 31.3, fios, cabos e condutores elétricos isolados, e 31.1, de geradores, transformadores e motores elétricos.

## Comportamento inovativo da indústria de material elétrico

A indústria de material elétrico brasileira foi considerada como pertencente ao setor de alta tecnologia no estudo sobre os padrões de intensidade tecnológica da indústria manufatureira brasileira, realizado por Furtado e Carvalho (2005), a partir dos dados da pesquisa de inovação do IBGE de 2000. As duas pesquisas de inovação tecnológica subsequentes revelam que esse setor sofreu uma queda substancial do esforço de P&D em 2003, mas que voltou a se recompor em 2005 para se colocar novamente entre os setores de maior intensidade tecnológica da indústria brasileira. A intensidade em P&D do setor de fabricação de aparelhos e equipamentos elétricos aumentou quase três vezes em um período relativamente curto, que vai de 2003 a 2005 (Tabela 8).

Os dados a 3 dígitos, que são relativos aos anos de 2003 e 2005, revelam que o setor de material elétrico é bastante heterogêneo tecnologicamente. Podem-se reagrupar os 7 segmentos industriais, na verdade, em 3 grandes grupos.

O primeiro seria formado pelo grupo de empresas de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica 31.2. Esse segmento apresenta uma alta intensidade tecnológica (P&D/Receita Líquida) de 3,9% em 2005, acima de qualquer outro setor a dois dígitos da indústria nacional. Ele teria também uma elevada intensidade de esforço inovador, de 10,5%, colocando-se muito acima da média da indústria (Tabela 8). Esse segmento industrial está subdividido em dois grupos que fabricam equipamentos de controle da atividade de geração e distribuição de energia elétrica: os fabricantes de subestações, quadros de comando, reguladores de voltagem e equipamentos para distribuição de energia elétrica; e os fabricantes de material elétrico em circuito de consumo. Os indicadores de recursos humanos alocados à P&D também indicam que o segmento está muito acima da média setorial e da indústria de transformação. É, entretanto, notável a evolução que teve a intensidade tecnológica desse setor entre 2003 e 2005, revelando um recuo acentuado dos investimentos em inovação devido à crise econômica que assolou a economia brasileira entre 2001 e 2003, mas que busca em seguida se recuperar nos anos posteriores.

O segundo grupo é formado pelas empresas que fabricam geradores, transformadores e motores elétricos e as que fabricam material elétrico para veículos.

Os indicadores de intensidade de P&D desses segmentos industriais, de 1,5% e 1,7%, ficam muito próximos da média do setor. São segmentos industriais com produtos destinados a mercados bastante distintos entre si. A crise de 2003 afetou mais duramente o primeiro segmento, 31.1, de fabricação de equipamentos para as empresas do setor elétrico, que o segundo, que está inserido na cadeia de fornecedores da indústria automobilística, 31.6 (Tabela 8).

O terceiro grupo é constituído pelos segmentos industriais de menor intensidade tecnológica. São os segmentos de fios, cabos e condutores elétricos (31.3), lâmpadas e aparelhos de iluminação (31.5), e de outros equipamentos e material elétrico (31.9). Nesse último segmento encontram-se as empresas de fabricação de eletrodos, de aparelhos de alarme e de manutenção de equipamentos elétricos. Nesses segmentos a intensidade em P&D varia de 0,29% a 0,66%, nível que é inferior à média da indústria de transformação.

**Tabela 8: Indicadores de inovação do Setor de Equipamentos e Aparelhos Elétricos**

| Grupo CNAE  | 2003     |            |                    |                        |        | 2005     |            |                    |                         |        |
|---|----------|------------|--------------------|------------------------|--------|----------|------------|--------------------|-------------------------|--------|
|   | Int. P&D | Int. Inov. | Int. RH-P&D/100 PO | Int. Doc.P&D/10.000 PO | % RLV  | Int. P&D | Int. Inov. | Int. Rh-P&D/100 PO | Int. Doc. P&D/10.000 PO | % RLV  |
| 311 - Geradores, transformadores e motores elétricos                      | 0,56     | 1,24       | 1,08               | 0,78                   | 19,72  | 1,53     | 3,30       | 1,88               | 2,39                    | 26,99  |
| 312 - Equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica       | 0,69     | 3,52       | 1,82               | 3,10                   | 13,94  | 3,95     | 10,54      | 5,34               | 6,95                    | 15,90  |
| 313 - Fios, cabos e condutores elétricos isolados                         | 0,31     | 2,53       | 0,68               | 0,53                   | 18,45  | 0,66     | 2,59       | 1,31               | 3,61                    | 17,47  |
| 314 - Pilhas, baterias e acumuladores elétricos                           | 0,70     | 4,74       | 0,83               | 0,74                   | 4,39   | 0,29     | 1,59       | 0,75               | -                       | 4,63   |
| 315 - Lâmpadas e equipamentos de iluminação                               | 0,18     | 1,35       | 0,38               | 0,00                   | 7,89   | 0,41     | 1,26       | 0,90               | 4,01                    | 6,77   |
| 316 - Material elétrico para veículos - exceto baterias                   | 1,01     | 4,59       | 2,05               | 4,38                   | 30,23  | 1,78     | 4,26       | 2,34               | 0,36                    | 17,84  |
| 318 - Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 1,34     | 6,64       | 1,62               | 0,00                   | 0,04   | -        | -          | -                  | -                       | 0,31   |
| 319 - Outros equipamentos e aparelhos elétricos                           | 0,74     | 2,68       | 1,80               | 0,00                   | 5,34   | 0,53     | 2,42       | 3,93               | 4,66                    | 10,07  |
| 31 - Máquinas, aparelhos e materiais elétricos                            | 0,65     | 3,05       | 1,40               | 1,93                   | 100,00 | 1,57     | 4,18       | 2,38               | 2,91                    | 100,00 |
| % Total manuf.  | 0,55     | 5,03       | 0,72               | 1,28                   | 2,43   | 0,72     | 3,45       | 1,29               | 3,23                    | 2,57   |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pintec 2003 (IBGE, 2005) e Pintec 2005 (IBGE, 2007)

O setor de equipamentos elétricos apresenta uma propensão a estabelecer relações de cooperação que é quase duas vezes maior que a média da indústria (12,6% contra 7,4%). Na verdade, das 865 empresas inovadoras desse setor, 109 estabeleceram vínculos de cooperação. Quase a metade desse conjunto, 48 empresas tinham vínculo com universidades brasileiras e 2 com universidades no exterior. Desse grupo, 26, que representam 3% das empresas inovadoras, estabeleceram relações de cooperação em P&D com universidades e institutos de pesquisa. Essas relações estão, sem dúvida, muito aquém do potencial existente pelo lado das empresas. Contabilizam-se 459 empresas com atividades internas de P&D, das quais 259 de forma contínua e 200 de forma ocasional. Esse conjunto de empresas com atividades de P&D, que corresponde a 53% das inovadoras e a praticamente 25% das empresas do setor, não é nada desprezível e coloca as empresas desse setor como estando fortemente comprometidas com as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento.

Os dados da Pesquisa de Inovação (Pintec) 2005 também revelam que as políticas governamentais de apoio à P&D tiveram certo alcance para os fabricantes de equipamentos elétricos. Uma parcela de 11,3% dos investimentos em P&D da indústria desse setor foi financiada a partir de recursos públicos, o que coloca a indústria de material elétrico em uma posição de destaque, já que a média da indústria foi de 6,3%, ou seja, quase a metade. Essa situação, no entanto, deve ser circunscrita em números de empresas e regionalmente, uma vez que no estado de São Paulo a proporção de recursos públicos é quase nula (Tabela 9).

**Tabela 9: Fontes de financiamento para P&D do Setor de Equipamentos e Material Elétrico (em % do total do financiamento)**

| Setor  | Fonte de Financiamento | Brasil | São Paulo |
|--|------------------------|--------|-----------|
| 31 - Máquinas, aparelhos e materiais elétricos | Público                | 11,3   | 0,5       |
|  | Privado                | 1,2    | 0,4       |
|  | Próprio                | 87,5   | 99,1      |
| D - Indústrias de transformação                | Público                | 6,3    | 2,8       |
|  | Privado                | 0,2    | 1,0       |
|  | Próprio                | 92,5   | 96,2      |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pintec 2005 (IBGE, 2007)

Mesmo que a proporção de empresas do setor que realizam P&D e a proporção de recursos públicos sejam bastante expressivas, ainda é muito pequeno o número de empresas desse setor que estão comprometidas com a P&D cooperativa entre universidade e indústria. Apenas 5,7% das empresas que fazem P&D regularmente ou ocasionalmente estabelecem elos cooperativos com universidades, apesar de as linhas de fomento do CT-Energ (Fundo Setorial), que será abordado mais em detalhe adiante, e da Aneel estarem dirigidas para as universidades e institutos de pesquisa (Tabela 10). Praticamente a mesma proporção (6,3%) recebeu apoio do Governo para realizar pesquisa com universidades.

**Tabela 10: Empresas que estabeleceram cooperação para P&D por modalidade de parceiro**

|                           |    | Clientes/<br>Consumers | Fornecedores | Concorrentes | Outra empresa do grupo | Empresas de consultoria | Universidades e institutos de pesquisa | Centros de capacitação profissional e assistência técnica | Total  |
|---------------------------|----|------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------------|--|---|--------|
| 31- Fab. Eq. e Mat. Elet. | No | 24                     | 19           |              | 17                     | 8                       | 26                                     | 2   | 109    |
|                           | %  | 22,02                  | 17,43        | 0,00         | 15,60                  | 7,34                    | 23,85                                  | 1,83  | 100,00 |
| D - Ind. Transf           | No | 558                    | 616          | 126          | 249                    | 270                     | 424                                    | 142   | 2.139  |
|                           | %  | 26,09                  | 28,80        | 5,89         | 11,64                  | 12,62                   | 19,82                                  | 6,64  | 100,00 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pintec 2005 (IBGE, 2007)

Os dados da Tabela 10 demonstram que a proporção de empresas do setor de material elétrico que estabeleceram elos de cooperação em P&D com outras empresas da cadeia produtiva, clientes ou fornecedores, é ainda menor do que com universidades e institutos de pesquisa, contrariamente à média nacional. Esse número indica que a relação de cooperação interempresas nos fabricantes de equipamentos elétricos é muito baixa. Nota-se a ausência de mecanismos específicos de incentivo para a realização de cooperação entre empresas em matéria de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).



## **Mudança institucional do sistema de inovação do setor elétrico brasileiro: o surgimento do Fundo de Energia e dos programas de P&D da Aneel**

O sistema setorial de inovação foi montado apoiado em uma clara divisão do trabalho entre o setor público, que controlava as empresas elétricas, e as empresas multinacionais, que eram as principais fabricantes de material e equipamentos. O custo elevado da transferência internacional de tecnologia e os importantes desafios tecnológicos nacionais levaram o Estado a implantar um arranjo institucional para a P&D, baseado no arranjo cooperativo do Cepel, que supria as necessidades tecnológicas setoriais. Esse modelo se enfraqueceu, pouco depois de ter sido implantado, em decorrência da crise econômica que se estabeleceu no país e no setor, durante os anos 80. A saída encontrada consistiu em abrir o setor à concorrência e à privatização. As reformas enfraqueceram os laços que uniam as empresas através do controle do sistema Eletrobrás. Houve uma privatização parcial das empresas, principalmente na área de distribuição e entre as empresas estaduais. Mesmo com a suspensão quase completa das privatizações no final da década de 90, o sistema de controle não voltou a ser o mesmo. A Lei de Concessões e a nova regulamentação implementada através da Aneel fizeram com que as empresas estatais assumissem uma postura muito mais competitiva entre si. A Eletrobrás perdeu completamente o poder que exercia na condução do setor.

Pode-se dizer que essa mudança mais geral da regulação setorial afetou profundamente o arranjo institucional centrado no Estado, no qual cabia uma importante posição de liderança ao Cepel. Seria de se esperar que, nesse novo contexto, acompanhando o cenário internacional, houvesse um retrocesso tanto do gasto público quanto do privado em P&D.

O Estado brasileiro, aprendendo com as experiências pregressas de outros países da América Latina, buscou compensar os impactos negativos decorrentes do aumento da concorrência com a criação de mecanismos de gastos compulsórios em P&D. Como foi visto, a própria criação do Cepel emanou da aplicação desse tipo de mecanismo ao sistema Eletrobrás.

A preocupação em incumbir às recém-criadas agências reguladoras as mesmas funções de compensação que cabiam aos atores do sistema Eletrobrás se manifestou desde a criação da Aneel em 1997. Dentro das atribuições da

Agência, de acordo com o Decreto nº 2.335/97 de sua criação, coube a de estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessárias ao setor de energia elétrica. Em 1998, as resoluções da Aneel nº 242/98 e 261/99 tornaram obrigatória a aplicação de, no mínimo, 0,1% da Receita Operacional Anual das empresas de distribuição de energia elétrica, com contratos de concessão com a Agência, em projetos de P&D. Em decorrência dessa nova postura foi lançado, em 1999, o primeiro programa de P&D da Aneel.

Os programas de P&D da Aneel são o primeiro mecanismo encontrado pelo Estado brasileiro para obrigar as empresas de distribuição a destinarem recursos para gastos nessa área. Todavia, esse novo instrumento ainda carecia de uma base institucional. Esta veio com a Lei 9.991 de 2000, que faz parte de um conjunto de leis que estão por detrás da criação de diversos Fundos Setoriais. No caso do setor elétrico, juntou-se o mecanismo dos programas de P&D da Aneel com o dos Fundos Setoriais, formando um arranjo institucional original. Essa Lei dispunha sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. As empresas geradoras e transmissoras teriam que destinar 1% da Receita Operacional Líquida (ROL) para P&D, as distribuidoras, 0,75% da ROL para P&D e 0,25% para eficiência energética, após 2005. Anteriormente, houve um período de transição em que as alíquotas aumentaram progressivamente. Os recursos para P&D se subdividiram entre 50% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) –CT-Energ – e 50% para projetos de P&D da Aneel.

Certamente, esse aspecto constitui uma originalidade do arranjo institucional da P&D do setor elétrico. Foram gerados dois mecanismos distintos de financiamento à P&D compulsórios. O primeiro era um Fundo Setorial administrado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), através da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), seguindo as regras que foram instituídas a partir dos Fundos Setoriais, em que a gestão cabia a um Comitê Gestor, cuja composição era indicada em lei e os nomes eram designados pelo Ministro. O segundo era um modelo bem distinto em que os projetos eram escolhidos pelas empresas e aprovados pela Aneel. Os re-

curso não passavam pelo FNDCT e saíam diretamente das empresas para os projetos. Isso deve ser uma das principais razões que tornaram factível a execução desses recursos. A tabela abaixo mostra os recursos para P&D aprovados pela Aneel até o ciclo 2005-2006.

**Tabela 11: Recursos aprovados pela Aneel por ciclo (Reais de 2008)**

| Ciclo        | Programas  | Projetos     | Recursos (10³R\$) |
|--------------|------------|--------------|-------------------|
| 1998/1999    | 13         | 63           | 34.035            |
| 1999/2000    | 43         | 164          | 65.496            |
| 2000/2001    | 67         | 439          | 228.414           |
| 2001/2002    | 72         | 535          | 286.144           |
| 2002/2003    | 101        | 672          | 282.443           |
| 2003/2004    | 81         | 602          | 250.076           |
| 2004/2005    | 91         | 588          | 252.722           |
| 2005/2006    | 79         | 221          | 60.547            |
| <b>Total</b> | <b>547</b> | <b>3.284</b> | <b>1.459.878</b>  |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Aneel (ANEEL, 2008)

A segunda parte dos recursos foi destinada ao CT-Energ, que será analisado no próximo capítulo. No entanto, contrariamente aos recursos administrados pela Aneel, os do CT-Energ passaram pelo Tesouro, que os desviou de sua finalidade original e os contingenciou. Por essa razão, a parcela executada pelo CT-Energ foi muito inferior à da Aneel, conforme se depreende da tabela abaixo.

**Tabela 12: Recursos arrecadados, empenhados e pagos pelo CT-Energ (1.000 Reais de 2008 – deflacionados pelo IGP-FGV)**

|              | Arrecadados (*)  | Empenhados     | Pagos          | Taxa de Execução |
|--------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| 1999         | 0                | 0              | 0              |                  |
| 2000         | 0                | 0              | 0              |                  |
| 2001         | 116.893          | 96.382         | 95.203         | 81,44            |
| 2002         | 209.244          | 42.864         | 41.147         | 19,66            |
| 2003         | 195.928          | 91.169         | 59.094         | 30,16            |
| 2004         | 199.679          | 92.296         | 60.112         | 30,10            |
| 2005         | 173.697          | 88.846         | 76.286         | 43,92            |
| 2006         | 192.632          | 108.343        | 39.911         | 20,72            |
| 2007         | 222.747          | 73.419         | 49.613         | 22,27            |
| 2008         | 179.422          | 75.981         | 53.368         | 29,74            |
| <b>Total</b> | <b>1.490.243</b> | <b>669.300</b> | <b>474.734</b> | <b>31,86</b>     |

(\*) descontados os recursos destinados ao CTInfra

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Finep (BRASIL, 2012a)

Ainda que os recursos destinados ao CT-Energ de 2001 a 2008 sejam equivalentes aos alocados pelos projetos da Aneel do ciclo 1998-1999 ao ciclo 2005-2006, os montantes pagos foram muito inferiores, já que não houve contingenciamento dos recursos e nem desvio para outros Fundos Setoriais, como CTInfra ou as Ações Transversais, a partir do governo Lula. Apenas 31,86% dos recursos do CT-Energ foram efetivamente executados pelo Fundo; o restante foi destinado ao Fundo Transversal, sendo a maior parte contingenciada pelo Ministério da Fazenda em seu esforço de aumentar o *superavit* primário.

## **Análise da aplicação dos recursos do CT-Energ (2001-2008)**

Embora o CT-Energ tenha surgido com um dos numerosos Fundos Setoriais criados durante o segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso, sua proposta se diferencia das demais pela divisão de recursos com os projetos da Aneel.

O arranjo institucional da P&D do setor elétrico se aproxima bastante dos demais setores estratégicos que eram dominados por empresas estatais, que são os do petróleo e de telecomunicações. As reformas afetaram de forma diferenciada esses três setores-chave da economia brasileira. Enquanto no petróleo houve apenas quebra do monopólio da Petrobras, nas telecomunicações a privatização das empresas estatais foi completa. No caso do setor elétrico, a privatização foi parcial, porém, como visto, isso alterou o comportamento de todos os atores, inclusive dos atores estatais que permaneceram.

Por outro lado, apenas no setor elétrico houve essa divisão dos recursos compulsórios para P&D em duas modalidades de execução. Com isso, o CT-Energ adquiriu desde o início uma proposta que buscou diferenciá-lo dos recursos da Aneel. Esse aspecto será visto em um primeiro item, em que analisaremos a proposta do Fundo assim como seus mecanismos de gestão. No segundo item trataremos de analisar o destino dos recursos para compará-los com a sua proposta inicial. No terceiro item refletiremos sobre os seus possíveis impactos no sistema de inovação setorial.

## A proposta do CT-Energ

Os recursos do CT-Energ são canalizados para o FNDCT, que fica sob a responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia. As agências encarregadas de administrar esses recursos são a Finep e o CNPq, de acordo com a modalidade de recurso. A gestão do Fundo ficou sob a responsabilidade de um Comitê Gestor, previsto na lei, composto de representantes do MCT, das agências de fomento, da academia e da indústria, mas sob o comando do representante do MCT. Além de ser responsável das ações do Fundo, o Comitê teve que traçar as diretrizes da atuação através de um plano. Cabe também ao Comitê Gestor acompanhar as avaliações das ações de fomento do Fundo.

No modelo institucional elaborado durante o segundo mandato do governo FHC cabia ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) assessorar nas funções de planejamento e avaliação dos Fundos. Nesse contexto, o CGEE elaborou o plano nacional de ciência e tecnologia do setor elétrico (BRASIL, 2002). Esse documento organizou as principais diretrizes que orientariam a conduta do CT-Energ. Para evitar que houvesse deslocamento da P&D do setor privado para a financiada pelo CT-Energ, o documento definiu um espaço específico para o Fundo como sendo o da P&D de utilidade pública.

O conceito de P&D de utilidade pública era inovador para a política de C&T brasileira. Sua origem se encontra na política de C&T americana, mais especificamente na Califórnia, onde a agência de regulação estadual de energia (California Energy Commission) criou um Programa de Fomento à P&D energética chamado de Public Interest Energy Research (Pier), conforme visto anteriormente. O conceito dado pela agência californiana se apoiava nos seguintes pilares: proporcionar serviços e produtos energéticos seguros, confiáveis, ambientalmente sustentáveis e acessíveis; apoiar a Research, Development and Delivery (RD&D) que não é adequadamente proporcionada por mercados energéticos competitivos ou regulados; e fazer avançar a ciência e tecnologia da área energética para o proveito dos contribuintes da Califórnia.

No caso brasileiro aplicou-se a esse conceito um conjunto de critérios:

- A alocação de recursos do Fundo é consistente com objetivos de política de desenvolvimento nacional (inclusive aspectos ambientais e sociais)? Está de acordo com as diretrizes de política energética estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)?

- Os projetos financiados representam adições ao conhecimento existente em ciência ou tecnologia? São aplicações ou adaptações novas de tecnologias ou processos ao mercado brasileiro?
- Existe participação no projeto de empresas de energia, fornecedores ou fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos ou empresas de serviços de energia? Existe cofinanciamento?
- Existe financiamento inadequado no mercado competitivo para o tipo de projeto proposto? Por quê?
- Existe duplicação de esforços? Eles já estão sendo considerados pelas concessionárias de eletricidade?
- Existem estratégias para transformar mercados para produção e uso final de energia para absorver as tecnologias produzidas através dos projetos de P&D?
- Qual é a contribuição dos projetos para assegurar continuidade na formação e capacitação profissional, investimentos em infraestrutura de pesquisa e incorporação de inovações nos setores público e privado?
- Mais adiante o documento do CGEE define um conjunto de quatro dimensões nas quais deveria ser avaliada a aderência dos projetos ao interesse público: econômica, social, ambiental e estratégica.
- Esses elementos foram de pouco auxílio na definição das diretrizes tecnológicas do Plano, que se mantiveram profundamente amplas, assemelhando-se bastante com outras iniciativas de planejamento realizadas para os outros Fundos Setoriais no mesmo período.

As diretrizes temáticas do Plano eram:

- geração de energia elétrica;
- transmissão de energia elétrica;
- distribuição de energia elétrica;
- processos, equipamentos e eficiência energética;
- planejamento integrado de recursos energéticos;
- treinamento e capacitação de recursos humanos;
- disseminação de informação e de conhecimento;
- qualidade de energia, certificação e normalização.

Talvez esse aspecto fosse menos problemático se o programa tivesse posteriormente afunilado suas ações em atuações mais específicas, tal como ocor-

re com o programa californiano. O documento do CGEE, em todo caso, foi o único produzido tendo em vista o planejamento setorial do Fundo.

O Plano apresenta uma pluralidade de mecanismos de ação, a serem utilizados pelas agências de fomento, que contemplam, consequentemente, uma gama variada de possibilidades.

O Edital de Demanda Induzida talvez seja um dos principais instrumentos de fomento que compreende uma variedade de ações. Nesse Edital, o órgão de fomento define um conjunto de metas e prioridades; também estabelece o montante de recursos, as modalidades de despesas a serem apoiadas, assim como as categorias de atores que poderão concorrer a ele. Os princípios que norteiam o Edital são o da transparência e da igualdade de condições para os interessados. O Edital de Demanda Induzida contempla as seguintes modalidades:

- Programas Mobilizadores – conjunto articulado de projetos de pesquisa aplicada e de engenharia, com o objetivo de desenvolver a tecnologia de um produto, processo ou sistema.
- Redes Cooperativas – objetivam ações integradas dentro de cada tema otimizando a aplicação dos recursos e evitando a duplicidade e a pulverização de iniciativas.
- Manifestações de Interesse – especificam, em um primeiro momento, os pré-requisitos e as condições a que devem atender instituições de ensino e pesquisa, centros de pesquisa e empresas, para que possam candidatar-se à inclusão no rol das organizações, que posteriormente serão convidadas a participar da constituição de redes cooperativas em P&D.
- Plataformas Tecnológicas – objetivam promover o desenvolvimento tecnológico das empresas nacionais e aumentar os investimentos privados em P&D, estimulando a formação de parcerias entre os setores acadêmico e produtivo.
- Projetos Cooperativos – são projetos de pesquisa aplicada de desenvolvimento tecnológico ou de engenharia, objetivando a busca de novos conhecimentos sobre determinado produto, sistema ou processo, ou de seus componentes, executando de forma cooperativa entre instituições e empresas que participam com recursos financeiros ou técnicos, custeando ou executando partes do projeto, tendo acesso, em contrapartida, às informações nele geradas.



Dentre as categorias de ação, a dos projetos cooperativos é que contempla explicitamente a participação de empresas. Um aspecto relevante dessa categoria de projeto consiste justamente na participação destas mediante a colocação de contrapartidas financeiras para custear parte das atividades do projeto.

As outras formas de ações são o apoio à Demanda Espontânea, que consiste em uma modalidade mais próxima das agências de fomento, e as Encomendas. No primeiro caso, da Demanda Espontânea, o apoio é realizado sem direcionamento claro para um tema ou objetivo específico. Abre-se espaço para que os pesquisadores realizem suas propostas, desde que enquadradas na categoria mais ampla da energia elétrica que caracteriza o Fundo, e para que a comunidade científica aporte suas contribuições. Os recursos destinados a essa modalidade de fomento seriam limitados a uma parcela fixada pelo próprio Comitê Gestor.

A Encomenda constitui-se em uma modalidade diferente em que a agência, por um determinado valor estipulado, encomenda o desenvolvimento de um determinado produto, processo ou serviço. O documento do CGEE menciona que a Encomenda deve ser precedida de um estudo prospectivo. Ela deve ser feita pelas próprias regras do FNCT a universidades ou centros de pesquisa, mas não para empresas. Os clientes dessas encomendas podem ser o Governo ou mesmo o setor produtivo.

Em linhas gerais pode-se considerar que as propostas do CT-Energ eram bastantes amplas, tanto do ponto de vista dos temas abarcados como dos mecanismos que estavam sendo mobilizados. O princípio da P&D de interesse público colocava o imperativo de que os recursos fossem destinados para aquelas pesquisas que não eram de interesse da iniciativa privada por insuficiente rentabilidade, mas que tinham um grande interesse para a sociedade. A efetividade da aplicação desse princípio será testada na próxima seção.

O mecanismo de gestão do Comitê Gestor aparentava uma maior descentralização do processo decisório. Porém, no que tange a esse último aspecto, logo se percebeu que a participação de atores da sociedade civil (universidades, centros de pesquisa e empresas) no processo decisório era limitada. A leitura das

atas revela que as decisões eram tomadas pelo secretário-geral do Ministério de Ciência e Tecnologia ou do seu representante, que secretariava os Comitês Gestores, e apenas colocadas para aprovação pelos demais representantes.

### Análise dos projetos do CT-Energ

O CT-Energ teve seu primeiro Edital lançado em 2001. Desde então foram viabilizadas numerosas iniciativas de fomento. A Tabela 13 mostra como se distribuíram os recursos e projetos do CT-Energ entre as principais modalidades de fomento de 2001 a 2008.

**Tabela 13: Distribuição dos projetos e dos recursos aprovados por modalidade de demanda**

| <b>Demanda</b>                                  | <b>Valor (r\$)</b> | <b>%</b> | <b>N-proj</b> | <b>%2</b> |
|---|--------------------|----------|---------------|-----------|
| Edital  | 85.444.610,43      | 36,43    | 511           | 79,47     |
| Apoio a eventos CT&I                            | 1.091.562,39       | 0,47     | 24            | 3,73      |
| Carta-convite MCT/FINEP e encomenda transversal | 2.531.550,24       | 1,08     | 5             | 0,78      |
| Chamada pública CT-Energ                        | 9.817.930,11       | 4,19     | 35            | 5,44      |
| Encomenda                                       | 135.653.397,65     | 57,84    | 68            | 10,58     |
| Total   | 234.539.050,81     | 100,00   | 643           | 100,00    |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

As modalidades de fomento utilizadas pelo CT-Energ são bastante variadas. O Edital foi a forma de fomento mais frequente, embora não tenha sido a mais importante em termos financeiros. A principal modalidade de Editais lançados pelo CT-Energ foi a de Demanda Induzida, na qual entre os temas priorizados estão as áreas de combustão e gaseificação e de geração isolada.

**Tabela 14: Lista de editais do CT-Energ de 2001 a 2008**

| <b>chamadas Públicas do CT-Energ</b>                | <b>Temas</b>  |
|---|---|
| Edital MCT/CNPq/CT-Energ nº 33/2006                 | Projetos demonstrativos, cursos e publicações em Combustão e Gaseificação                             |
| Edital MCT/CNPq/CT-Energ nº 028/2006                | Projetos de pesquisa e inovação em geração, transmissão, distribuição e uso final de energia elétrica |
| Edital MCT/CNPq/CT-Energ nº 22/2006                 | Fixação de recursos humanos nas regiões N, NE e CO  |
| Edital CT-Energ/MCT/CNPq nº 17/2005                 | Apoio a projetos de pesquisa básica, aplicada ou de desenvolvimento para o setor de Energia Elétrica  |
| Edital CT-Energ/MCT/CNPq nº 029/2004 (1ª e 2ª Fase) | Projetos de Combustão e Gaseificação  |
| Edital CTHidro/CT-Energ/MCT/CNPq nº 025/2004        | Fixação de recursos humanos para a região Norte   |
| Edital CT-Energ/MCT/CNPq nº 018/2004                | Materiais avançados, nanotecnologias, plasma, supercondutividade e fusão nuclear                      |
| Edital CT-Energ/MME/CNPq nº 03/2003                 | Projetos demonstrativos inovadores de sistemas de geração isolada                                     |
| Edital CT-Energ/CNPq/PROSET nº 02/2003              | Fixação de recursos humanos nas regiões N, NE e CO  |
| Edital CT-Energ/CNPq nº 01/2003                     | Pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento para o setor elétrico                                    |
| Edital CT-Energ - INOVAÇÃO: FINEP nº 01/2002        | Criação de novas empresas   |
| Edital CT-Energ/CNPq nº 01/2001                     | Soluções da crise energética  |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

Alguns dos Editais, as Chamadas Públicas e as Cartas-Convites fomentaram projetos cooperativos entre universidade e empresa. Nesses projetos as empresas além de participarem aportavam contrapartidas financeiras para as instituições executoras.

Os Editais Universais do CNPq nº 01/2001 e nº 19/2004 contaram com recursos provenientes do CT-Energ.

As Encomendas foram, entretanto, a modalidade de fomento mais apoiada no CT-Energ, com 58% do total dos recursos financeiros, embora a quantidade de projetos seja muito inferior. Esses dados revelam que os recursos do CT-Energ se orientaram para formas mais dirigidas de fomento. Mesmo na modalidade mais competitiva dos Editais, predominaram os de Demanda Induzida, orientados a temas específicos.

## Distribuição regional

O fomento do CT-Energ ao longo do período 2001-2008 concentrou-se muito nas macrorregiões mais desenvolvidas do país, principalmente no Sudeste. Essa concentração revela a grande dificuldade que os órgãos federais de fomento tiveram para implementar a diretiva da Lei do FNDCT, que reservava 30% dos seus recursos para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Essas regiões foram contempladas com 22,3% dos recursos, subtraindo-se a parcela do Distrito Federal. Essa parcela não pode ser considerada como pequena, pois corresponde à importância econômica dessas regiões no país.

**Tabela 15: Valor e número de projetos do CT-Energ de 2001 a 2008 por macrorregião**

| Região       | Valor       | %     | Nº Projetos | %     |
|--------------|-------------|-------|-------------|-------|
| Sudeste      | 133.607.982 | 57,0  | 306         | 47,6  |
| Sul          | 45.375.232  | 19,3  | 155         | 24,1  |
| Centro-Oeste | 6.608.213   | 2,8   | 28          | 4,4   |
| Nordeste     | 30.739.566  | 13,1  | 120         | 18,7  |
| Norte        | 18.208.057  | 7,8   | 34          | 5,3   |
| Total        | 234.539.051 | 100,0 | 643         | 100,0 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

A região mais desenvolvida do país, o Sudeste, ficou com 57% dos recursos e 47,6% dos projetos apoiados pelo Fundo Setorial. Não somente a região foi premiada com o maior número de projetos, como também pelos projetos de maior valor. Certamente, essa distribuição dos recursos do CT-Energ não se distancia muito da estrutura econômica do país, como demonstra a tabela abaixo, a não ser no caso da região Centro-Oeste, embora ela destoe da repartição da população no território nacional. A região Sudeste representava 56,4% do PIB do país em 2007, que é uma proporção muito próxima da parcela de recursos recebidos do CT-Energ, de forma que o Fundo Setorial tende a reproduzir a estrutura da atividade econômica do país.

**Tabela 16: Estrutura do PIB e da população do Brasil por macrorregiões em 2007**

|                       | PIB   | População |
|-----------------------|-------|-----------|
| Sudeste               | 56,4% | 42,4%     |
| Sul                   | 16,6% | 14,5%     |
| Centro-Oeste          | 8,9%  | 7,2%      |
| Centro-Oeste (sem DF) | 5,1%  | 5,9%      |
| Nordeste              | 13,1% | 28,0%     |
| Norte                 | 5,0%  | 7,9%      |

Fonte: Contas Regionais do Brasil – 2003-2007 (IBGE, 2009) e Contagem da População 2007 (IBGE, 2007)

Essa concentração dos recursos alocados pelo Fundo relaciona-se, no caso do setor elétrico, evidentemente à radiação das mais importantes instituições de pesquisa, universidades ou centros de pesquisa, nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Na tabela seguinte é possível ver a distribuição dos projetos e dos recursos do CT-Energ por estado da federação. Confirma-se a liderança do estado de São Paulo, sendo seguido pelo estado do Rio de Janeiro. Esses dois estados receberam, juntos, 48,3% dos recursos do programa.

Os terceiro, quarto e quinto colocados em volume de recursos recebidos são por ordem decrescente Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Esses estados abrigam importantes instituições universitárias atuantes no setor elétrico. O sexto lugar, com 5,9% dos recursos, fica para o Pará. Esse estado foi líder da região menos desenvolvida do país em captação de recursos. Essa capacidade está relacionada ao papel ativo de sua Universidade Federal e à sua relação com a Eletronorte. No Nordeste, surpreende um grande equilíbrio na alocação de recursos entre os principais estados.

A distribuição espacial e regional dos recursos relaciona-se às capacidades científicas e tecnológicas existentes nos diversos campos da energia elétrica e das energias alternativas. A participação dos diversos atores no CT-Energ fica mais evidente quando se analisa a repartição por instituição.

**Tabela 17: Valor e número de projetos do CT-Energ distribuídos por Estado da Federação**

| Estado | Valor (R\$)    | %      | Nº Projetos | %      |
|--------|----------------|--------|-------------|--------|
| SP     | 70.088.862,17  | 29,88  | 138         | 21,46  |
| RJ     | 43.235.381,29  | 18,43  | 105         | 16,33  |
| MG     | 20.030.808,40  | 8,54   | 61          | 9,49   |
| RS     | 18.542.385,09  | 7,91   | 70          | 10,89  |
| SC     | 16.938.780,14  | 7,22   | 51          | 7,93   |
| PA     | 13.821.406,70  | 5,89   | 20          | 3,11   |
| PR     | 9.894.066,88   | 4,22   | 34          | 5,29   |
| BA     | 7.139.898,79   | 3,04   | 19          | 2,95   |
| PB     | 5.869.315,23   | 2,50   | 12          | 1,87   |
| CE     | 5.662.244,71   | 2,41   | 28          | 4,35   |
| PE     | 5.094.276,44   | 2,17   | 32          | 4,98   |
| RN     | 3.925.552,65   | 1,67   | 15          | 2,33   |
| DF     | 3.279.355,84   | 1,40   | 19          | 2,95   |
| MA     | 2.357.716,00   | 1,01   | 9           | 1,40   |
| TO     | 2.160.537,48   | 0,92   | 5           | 0,78   |
| GO     | 1.871.732,00   | 0,80   | 1           | 0,16   |
| AM     | 1.730.592,02   | 0,74   | 6           | 0,93   |
| MT     | 608.915,83     | 0,26   | 3           | 0,47   |
| MS     | 848.209,33     | 0,36   | 5           | 0,78   |
| AL     | 449.395,30     | 0,19   | 4           | 0,62   |
| ES     | 252.930,12     | 0,11   | 2           | 0,31   |
| AP     | 281.215,27     | 0,12   | 1           | 0,16   |
| PI     | 241.167,25     | 0,10   | 1           | 0,16   |
| AC     | 214.305,89     | 0,09   | 2           | 0,31   |
| Total  | 234.539.050,81 | 100,00 | 643         | 100,00 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

## Distribuição por instituição

Os Editais e projetos do CT-Energ destinaram-se a universidades e centros de pesquisa que atuavam nas áreas específicas de interesse do programa. Os projetos podiam ser realizados isoladamente ou em cooperação com empresas – esses últimos, em parceria com empresas, serão abordados no próximo item. Neste item analisamos a distribuição de todos os projetos por instituição de pesquisa coordenadora e executora dos projetos.

Além das universidades, destacam-se os institutos públicos, estando em primeiro lugar pelo número de projetos o Instituto de Pesquisas Nucleares (Ipen) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), seguido de outros como o INT, o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), o Centro de Desenvolvimento da Energia Nuclear (CTDN) e a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec). O Cepel aparece com pouco destaque quando o critério é o número de projetos.

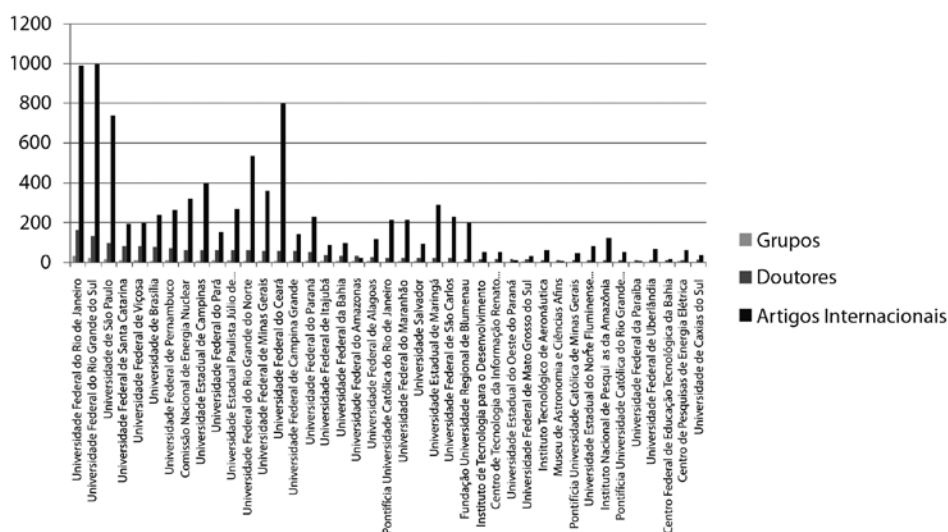
[illegible]

Em todo caso, quando se contabiliza apenas o número de projetos do CT-Energ, constata-se um grande número de instituições, beneficiando sobretudo as universidades. Nessas instituições se concentram os recursos huma-

nos e as competências em matéria de ciência e tecnologia do setor elétrico. Existe certo paralelo entre o número de projetos apoiados pelo CT-Energ e os grupos de pesquisa inscritos no CNPq em que os líderes do grupo são pesquisadores CT-Energ.

A UFRJ, por exemplo, está em primeiro lugar em quantidade de projetos apoiados pelo CT-Energ e em número de doutores de grupos de pesquisa do CNPq. As universidades de São Paulo e as federais de Santa Catarina e Rio Grande do Sul também estão muito bem posicionadas em números de doutores assim como em projetos do programa. Certamente a ordem não é exatamente a mesma, mas existe uma clara relação entre os doutores dos grupos de pesquisa do CNPq e a capacidade dessas instituições em aprovarem projetos no CT-Energ.

**Figura 3: Grupos de pesquisa do CNPq cujo líder participou do CT-Energ: números, doutores e artigos internacionais**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

Esses dados demonstram que em sua atividade de balcão os projetos do CT-Energ tendem a premiar as competências existentes em matéria de pesquisa acadêmica, já que a presença dos importantes centros de pesquisa pública nos grupos do CNPq é muito apagada.



Entretanto, esse quadro se altera bastante quando se analisa a distribuição dos recursos financeiros do Fundo por instituição. Nesse caso, existe uma forte concentração em instituições que não se destacaram na classificação anterior. A mais importante instituição beneficiada pelo CT-Energ foi o Centro Tecnológico da Marinha de Aramar, localizado próximo à cidade de Sorocaba, no estado de São Paulo. Esse Centro está diretamente envolvido com o desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio. Suas atividades de pesquisa estão relacionadas com o programa nuclear brasileiro, que tem um braço militar e outro de uso civil (ver tabela abaixo).

Embora o desenvolvimento da tecnologia nuclear não fizesse parte dos objetivos iniciais do Fundo, o apoio a algumas atividades estratégicas do programa nuclear brasileiro tornou-se uma rubrica importante na alocação de despesas do CT-Energ. Além do Centro Tecnológico da Marinha (CTM), outras instituições do programa brasileiro receberam recursos, como o CTDN, o Ipen e a CNEN-SP. Esse fato revela uma fragilidade estrutural do sistema de inovação brasileiro, que teve que se utilizar de verbas do CT-Energ para suprir uma função que deveria ter sido coberta pela CNEN e pelos programas tecnológicos do Ministério da Defesa. Isso esclarece bastante o papel que os Fundos Setoriais desempenharam na política de C&T a partir do segundo governo Fernando Henrique Cardoso, fato que se perpetuou durante a gestão Lula. Os Fundos serviram para cobrir os cortes praticados nos principais programas de C&T em função da política orçamentária restritiva.

**Figura 4: Recursos financeiros alocados pelo CT-Energ por Instituição Executora**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

A segunda instituição em termos de captação de recursos é o Cepel, cuja função é de atender às necessidades tecnológicas do grupo Eletrobrás e do setor elétrico brasileiro. Essa instituição teve um papel central no sistema setorial de inovação do setor elétrico brasileiro, mas acabou ficando deslocada com o novo arranjo institucional que resultou do processo de abertura à concorrência e de privatização parcial do setor, conforme foi visto anteriormente. O CT-Energ, nesse caso, apoiou uma instituição central do sistema setorial de inovação.

Tanto no caso do CTM quanto do Cepel o número de projetos é pequeno, 3 e 2 respectivamente, revelando que foram grandes projetos estratégicos apoiados na forma de Encomendas, por fora do sistema competitivo e pulverizado dos Editais.

A ordem de recursos financeiros para as instituições acadêmicas, sintomaticamente, não é a mesma para os projetos. A primeira instituição apoiada por ordem de importância é a UFSC, que era a segunda em número de projetos, mas a segunda colocada em recursos é a Universidade Federal do Pará (UFPA), que estava muito atrás quanto a projetos. Essa última instituição também foi beneficiada com projetos de maior valor financeiro.

### **Modalidades de fomento do CT-Energ**

Esse aspecto nos remete a outra dimensão do programa que se constitui nas modalidades de apoio financeiro. Como foi visto, o CT-Energ, assim como os demais Fundos, contemplava uma gama bastante ampla de mecanismos de apoio financeiro a projetos de pesquisa e desenvolvimento. O mecanismo mais conhecido é o Edital, tanto de Demanda Induzida quanto Espontânea, que pressupõe a competição e a seleção das melhores propostas sobre temas divulgados com anterioridade. A Encomenda consistia em mecanismo auxiliar para ser usado quando houvesse uma demanda específica do Comitê Gestor do Fundo.

No caso do CT-Energ, acabou vingando uma lógica da encomenda que transmitia demandas específicas dos órgãos de C&T, principalmente através da pessoa do secretário-geral de Ciência e Tecnologia. Uma consulta às atas das reuniões do CT-Energ permite constatar claramente que as decisões já vi-

nham tomadas pelo Ministério e eram apenas colocadas à votação do Comitê Gestor do Fundo. Muitas dessas decisões implicavam no destino de recursos do Fundo de Energia para outros Fundos, como o de Ações Transversais. Contudo, as Encomendas também seguiam esse tipo de procedimento, cabendo ao Comitê apenas sancionar ou então apenas tomar conhecimento.

Coube à Encomenda no período de 2001 a 2008 canalizar praticamente 58% dos recursos do CT-Energ, ao passo que os Editais ficaram com 36%. Essa desproporção não foi um aspecto planejado do programa, senão o resultado do seu uso como instrumento de correção de carência de outros setores, cujo envolvimento não havia sido inicialmente considerado pelo programa.

**Tabela 18 : Modalidades de fomento do CT-Energ (2001-2008)**

| <b>Demanda</b>   | <b>Valor (r\$)</b>    | <b>%</b>      | <b>N-proj</b> | <b>%2</b>     |
|--|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Edital   | 85.444.610,43         | 36,43         | 511           | 79,47         |
| Apoio a eventos de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) | 1.091.562,39          | 0,47          | 24            | 3,73          |
| Carta-convite MCT/FINEP e encomenda transversal          | 2.531.550,24          | 1,08          | 5             | 0,78          |
| Chamada pública CT-ENERG                                 | 9.817.930,11          | 4,19          | 35            | 5,44          |
| Encomenda  | 135.653.397,65        | 57,84         | 68            | 10,58         |
| <b>Total</b>   | <b>234.539.050,81</b> | <b>100,00</b> | <b>643</b>    | <b>100,00</b> |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

Pode-se dizer que o CT-Energ está separado em duas partes. A primeira, estratégica, associada ao próprio Ministério da Ciência e Tecnologia, que canaliza os recursos, nem sempre de uma forma muito constante, a destinos diversos para suprir determinadas carências em centros de pesquisa do governo federal. A segunda, de menor importância, segue a lógica do balcão e distribui os recursos de acordo com critérios de excelência acadêmica. É provável que as intervenções de ordem regional somente sejam ponderadas na segunda modalidade de apoio, o que dificulta de sobremaneira a consecução da meta de 30% dos recursos para as regiões menos desenvolvidas.

## Projetos cooperativos Universidade-Empresa

Os Fundos Setoriais tiveram desde o início de sua implantação uma preocupação clara com a inovação e a transferência de tecnologia de Universidades-Centros de Pesquisa para as empresas. Por essa razão, um número expressivo de Editais se destinaram a fomentar projetos cooperativos entre universidades e empresas.

Os recursos do CT-Energ utilizados de acordo com a legislação do FNDCT teriam que ser aplicados exclusivamente no âmbito das universidades e centros de pesquisa, de forma que os projetos cooperativos se apoiam no seguinte arranjo institucional: as Universidades-Centros de Pesquisa executam as atividades de pesquisa e desenvolvimento, mas as empresas têm que participar como clientes e usuárias do novo conhecimento, assim como cofinanciadoras dos projetos em parceria com o Governo. Esse modelo de projeto foi precursor no envolvimento direto das empresas em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico financiados pelo FNDCT. Posteriormente, em decorrência da Lei de Inovação e da Lei do Bem, permitiu-se que os recursos financeiros, a fundo perdido do FNDCT, pudessem ser diretamente canalizados às empresas. Porém, para isso, constituiu-se uma nova linha de fomento: a subvenção econômica. Certamente existem alguns itens de Editais do programa de subvenção que se enquadram na política setorial do CT-Energ.

No cômputo geral, os projetos que envolveram a relação Universidade-Centro de Pesquisa com empresas totalizaram R\$ 56 milhões, o que corresponde a 23,9% do valor total dos projetos. Essa proporção não deixa de ser significativa e indica que o CT-Energ buscou desempenhar um papel importante na consolidação da inovação empresarial no setor elétrico.

A Carta-Convite e o Edital se adaptam ao modelo de fomento cujo propósito consiste em emular a relação universidades-empresas através de processos competitivos de seleção de projetos. Contudo, esse não foi o principal instrumento utilizado pelo CT-Energ para apoiar essa relação, mas a Encomenda, que ficou com mais de 80% do total dos recursos do programa. Nas Encomendas há praticamente escolha prévia da universidade e empresa que irão executar o projeto. Esse aspecto revela um forte direcionamento da política de fomento de projetos cooperativos dentro do programa.

**Tabela 19: Projetos cooperativos Universidade-Empresa por modalidade de demanda**

| DEMANDA         | Valor         | Valor_Contrapartida | Coefficiente de Contrapartida | No._projetos |
|-----------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------|
| Carta-Convite   | 1.210.596,24  | 994.313,05          | 82,13                         | 4            |
| Chamada Pública | 5.339.190,90  | 927.303,05          | 17,37                         | 16           |
| Edital          | 3.051.998,61  | 323.585,31          | 10,60                         | 8            |
| Encomenda       | 46.547.175,20 | 12.068.271,17       | 25,93                         | 26           |
| TOTAL           | 56.148.960,95 | 14.313.472,58       | 25,49                         | 54           |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

As contrapartidas financeiras das empresas nos projetos não foram pequenas, alcançando no cômputo geral 25,5% dos recursos alocados pelo CT-Energ. A proporção dessas contrapartidas variou bastante segundo a linha de fomento. A Carta-Convite foi a modalidade que logrou mobilizar as maiores contrapartidas. A adesão prévia de um conjunto de empresas foi um importante mecanismo para induzir esse investimento na pesquisa acadêmica. Em compensação, o Edital, ao deixar praticamente a critério das universidades e das empresas um efetivo envolvimento, obteve uma proporção bem menor de contrapartida das empresas. A Encomenda ficou em uma posição intermediária próxima de 26%.

A base de dados que serviu para identificar as empresas participantes é distinta da anterior. Por isso, o valor total dos projetos é menor, embora os valores de contrapartida estejam muito próximos, conforme indica a Tabela 20. O número de projetos somente é maior porque pode haver mais de uma empresa por projeto, conduzindo a uma dupla contagem.

**Tabela 20: Empresas que participaram de projetos do CT-Energ por atividade**

| Tipo de instituição                | Nº proj(*) | Nº firma | Valor_firma   | Valor_contrap | % Contrap |
|------------------------------------|------------|----------|---------------|---------------|-----------|
| Empresa de energia elétrica        | 13         | 11       | 11.512.200,69 | 5.641.274,45  | 49,00     |
| Fornecedores                       | 42         | 34       | 12.139.401,99 | 4.319.964,51  | 38,21     |
| Nuclear                            | 6          | 2        | 19.084.929,00 | 128.973,66    | 0,68      |
| Petróleo, carvão e açúcar e álcool | 11         | 5        | 3.042.520,24  | 3.473.762,62  | 114,17    |
| Institutos de pesquisa             | 8          | 3        | 4.157.508,48  | 814.578,82    | 19,59     |
| Total                              | 80         | 55       | 49.936.560,40 | 14.378.554,06 | 28,79     |

(\*): pode haver duas ou mais contagens de um mesmo projeto em que participam mais de uma empresa.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

As empresas estatais do setor nuclear tiveram um papel de destaque em projetos cooperativos. Apenas duas estatais (Indústrias Nucleares Brasileiras – INB – e Nuclep), que tiveram seis projetos, foram responsáveis por quase 40% dos recursos. Porém, a contrapartida financeira desse grupo foi insignificante. Isso revela que alguns dos projetos da área nuclear contavam com a participação dessas empresas.

O segundo grupo de projetos, que contou com maior aporte de recursos do CT-Energ, é o dos fornecedores. É notável o fato de haver 34 empresas participantes desse conjunto. Esse é um número expressivo e demonstra que o CT-Energ atingiu um importante contingente de empresas. No capítulo dedicado à indústria de material elétrico pode-se constatar que, em 2005, apenas 26 empresas tinham relações de cooperação em P&D com universidades e institutos de pesquisa. Os fornecedores mobilizaram um importante volume de recursos de contrapartida de seus projetos, chegando perto dos 40%. Esse aspecto revela um importante grau de envolvimento dos fornecedores nos projetos de P&D do CT-Energ. A lista dos fornecedores com os valores de contrapartidas são mostrados na Tabela 21.

Os valores dos projetos, mas, sobretudo, das contrapartidas, variaram bastante de acordo com o fornecedor. As empresas são muito variadas, sendo de material elétrico, mas também de outras áreas, como eletrônica, metalurgia, instrumentação, etc. As grandes empresas de material elétrico não estão entre os primeiros lugares, a não ser a Empresa Brasileira de Compressores (Embraco).

O financiamento do CT-Energ, apesar de sua ampla cobertura, ainda está muito aquém das necessidades da indústria. Os dados da Pintec revelam que, em 2005, a indústria de material elétrico gastou R\$ 394,8 milhões em P&D interna e R\$ 17,3 milhões em P&D externa. Diante desses, os montantes de R\$ 12,1 milhões do CT-Energ, por um período de 8 anos, são exíguos e demonstram ainda a pequena expressão desse programa para atingir a indústria.

**Tabela 21: Fornecedores por valor de financiamento do CT-Energ e da contrapartida**

| Nome instituição   | Nº proj | Valor firma   | Valor contrap | % Contrap |
|--|---------|---------------|---------------|-----------|
| Incubadora Tecnológica de Curitiba                                 | 4       | 2.072.001,00  | -             | 0,0       |
| Empresa Brasileira de Compressores SA                              | 1       | 1.162.150,00  | 1.673.521,49  | 144,00    |
| Enersud Indústria e Soluções Energéticas LTDA                      | 2       | 622.785,00    | -             | 0,0       |
| Orbital Engenharia LTDA  | 2       | 524.359,00    | -             | 0,0       |
| SDS Soluções em Desenvolvimento de Sistemas LTDA                   | 2       | 485.667,00    | -             | 0,0       |
| Microsol Tecnologia LTDA   | 2       | 465.284,52    | 43.266,90     | 9,3       |
| Siemes LTDA  | 1       | 422.040,83    | 356.458,24    | 84,5      |
| Reason Tecnologia SA   | 1       | 418.400,00    | 153.169,76    | 36,6      |
| Eletrovento LTDA   | 2       | 400.468,60    | 4.669,12      | 1,2       |
| CS Indústria Eletrônica LTDA                                       | 1       | 400.100,00    | 171.20949     | 148,5     |
| Irmãos Sanchis & Cia LTDA  | 1       | 373.463,64    | -             | 0,0       |
| Metalúrgica Fratelli LTDA  | 1       | 353.992,10    | 66.592,92     | 18,8      |
| Vacuoflex Tecnologia Refletivas LTDA                               | 1       | 324.744,00    | 17.115,47     | 5,3       |
| Wetzel SA  | 1       | 315.030,00    | 467.730,82    | 148,5     |
| Medabil Sistemas Construtivos SA                                   | 1       | 305.083,72    | -             | 0,0       |
| Humberto Ferraro Franco - ME                                       | 1       | 296595,00     | -             | 0,0       |
| Landis+GYR Equipamentos de Medição LTDA                            | 1       | 283.018,00    | 546.021,84    | 192,9     |
| Reivax Indústria e Comércio de Instrumentação eletrônica           | 1       | 275.335,00    | 170.415,54    | 61,9      |
| WEG S. A.  | 1       | 273.000,00    | 435.131,85    | 159,4     |
| Plantar Siderúrgica SA   | 1       | 266.159,00    | 141.883,85    | 53,3      |
| Acumuladores Moura SA  | 1       | 259.875,00    | -             | 0,0       |
| Intercâmbio Eletro Mecânico Indústria Comércio Serviços            | 1       | 221.860,00    | 4.359,67      | 2,0       |
| Analo Sistemas de Energia LTDA                                     | 1       | 213.338,00    | -             | 0,0       |
| Conversores Estáticos Brasileiros LTDA                             | 1       | 212.629,68    | 11.410,31     | 5,4       |
| ELEPOT Ecológica Mato Grosso Industrial e Comércio LTDA            | 1       | 180.000,00    | -             | 0,0       |
| ECOMAT Ecologia Mato Grosso Industrial e Comércio LTDA             | 1       | 180.000,00    | -             | 0,0       |
| Rondopar Chumbo e Derivados LTDA                                   | 1       | 164.449,90    | 3.793,95      | 2,3       |
| Tectrol Equipamentos Elétricos e Eletrônicos LTDA                  | 1       | 146.250,00    | -             | 0,0       |
| Assessoria para Projetos Especiais                                 | 1       | 89.966,67     | -             | 0,0       |
| WEG Indústrias SA  | 1       | 89.966,67     | -             | 0,0       |
| Mecânica e Metalúrgica LTDA  | 1       | 89.966,67     | -             | 0,0       |
| WEG Automação SA   | 1       | 82.555,00     | -             | 0,0       |
| Solaris Tecnologia Fotovoltaica Indústria Comércio e Serviços LTDA | 1       | 82.555,00     | -             | 0,0       |
| Emercons Consultoria em Energia                                    | 1       | 69.900,00     | 53.183,95     | 76,1      |
| Total  | 42      | 12.139.401,99 | 4.319.964,51  | 35,6      |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

As empresas de energia elétrica constituem o outro importante conjunto de empresas que participou ativamente dos projetos do CT-Energ, com valores apenas um pouco inferiores aos dos fornecedores. Dessa vez, um grupo limitado de empresas do setor elétrico participou, recebendo um volume muito desigual de recursos. Apenas a Eletronorte, em um único projeto, ficou com grande parte dos recursos destinados a essa categoria de projeto, sendo que nesse caso, excepcionalmente, não houve nenhum aporte de contrapartida.

**Tabela 22: Empresas de energia elétrica: recursos do CT-Energ e contrapartidas**

| Nome instituição                                     | Nº proj | Valor firma   | Valor contrap | % Contrap |
|--|---------|---------------|---------------|-----------|
| Centrais Elétricas do Norte do Brasil SA Eletronorte | 1       | 7.873.480,00  | -             | 0,0       |
| Eletrosul Centrais Elétricas SA                      | 2       | 812.448,18    | 795.267,22    | 97,9      |
| Companhia Estadual de Energia Elétrica               | 2       | 812.448,18    | 795.267,22    | 97,9      |
| Companhia Paranaense de Energia - Copel GER          | 1       | 350.070,00    | 354.026,55    | 101,1     |
| AES Sul Distribuidora Gaucha de Energia SA           | 1       | 309.096,36    | 814.578,82    | 263,5     |
| Tratebel Energia SA                                  | 1       | 309.096,36    | 814.578,82    | 263,5     |
| Centrais Elétricas Brasileiras                       | 1       | 306.967,05    | 184.504,70    | 60,1      |
| Companhia Elétrica de Minas Gerais                   | 1       | 274.950,00    | 661.182,81    | 240,5     |
| Rio Grande Energia SA                                | 1       | 154.548,18    | 407.289,41    | 263,5     |
| Empresa Energética do Mato Grosso do Sul SA          | 1       | 154.548,18    | 407.289,41    | 263,5     |
| Centrais Elétricas de Santa Catarina                 | 1       | 154.548,18    | 407.289,41    | 263,5     |
| Total  | 13      | 11.512.200,69 | 5.641.274,45  | 49,0      |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

Os dois grupos restantes são de empresas produtoras de energia, como a Petrobras, de institutos públicos elétricos, de usinas de açúcar e álcool, interessadas na cogeração de energia elétrica, e até mesmo empresas produtoras de carvão mineral (Tabela 23). A Petrobras foi a principal responsável por essa modalidade de projetos. O interesse dessa empresa pelo setor de energia elétrica decorre naturalmente de sua estratégia de diversificação de mercados. Também é notório o interesse da estatal por fontes alternativas de energia. No caso desse segmento, impressiona o elevado valor das contrapartidas, de 114% em média, revelando o grande interesse dessas empresas energéticas por tecnologias relacionadas ao setor elétrico.



**Tabela 23: Empresas de petróleo, açúcar e álcool e carvão mineral: valor do CT-Energ e da contrapartida empresarial**

| Nome instituição                    | Nº proj | Valor firma  | Valor contrap   | % Contrap |
|-------------------------------------|---------|--------------|-----------------|-----------|
| Petróleo Brasileiro SA              | 7       | 1.998.334,24 | 2.124.416,84    | 106,3     |
| Usina Cessadinho Açúcar e Álcool SA | 1       | 192.150,00   | 182.030,97      | 94,7      |
| Açucareira Zill Lorenzetti          | 1       | 95.333,33    | 105.457,23      | 110,6     |
| Usina São José SA Açucar e Álcool   | 1       | 190.666,67   | 210.914,45      | 110,6     |
| Cerbonífera Criciúma SA             | 1       | 566.036,00   | 850.943,13      | 150,3     |
| Total                               | 11      | 3.042.520,24 | 3.473.762,114,2 | 263,5     |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Ipea (BRASIL, 2012b)

O grupo formado por institutos públicos tem o estatuto jurídico de empresa, que é o caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), dos órgãos estaduais de pesquisa agropecuária e do IPT.

### **Impacto do CT-Energ na pesquisa acadêmica**

Apesar de o volume de recursos financeiros do CT-Energ ser bastante limitado, seu impacto sobre a comunidade científica brasileira atuante no campo da energia elétrica é considerável.

Foram identificados 282 grupos de pesquisa em que o líder do grupo era pesquisador de pelo menos um projeto de pesquisa financiado pelo CT-Energ. Nesses grupos contabilizaram-se 1.788 doutores. Embora esse número possa conter alguma dupla contagem, e por essa razão deve ser tomado com cautela, ainda assim não deixa de ser extremamente significativo, sobretudo pela quantidade de doutores. No setor empresarial havia, em 2005, 1.330 pessoas trabalhando em P&D, das quais 267 eram mestres e apenas 39, doutores. Com isso, evidencia-se o alto grau de concentração de recursos humanos mais qualificados que atuam na área de energia elétrica no setor acadêmico.

No sistema acadêmico, a pesquisa de interesse do setor elétrico se estende a um campo muito mais vasto do que o da engenharia elétrica propriamente dita. Áreas tais como a física e a química, além da quase totalidade das engenharias, contribuem ao avanço desse campo de conhecimento, como revelam as informações sobre os grupos de pesquisa do CNPq relacionados com energia elétrica (Tabela 24).

**Tabela 24: Grupos de pesquisa do CNPq relacionados com o CT-Energ por área científica**

| Área do conhecimento                  | nº de grupos | nº de Doutores | Total de Artigos de Circulação Nacional | Total de Artigos de Circulação Internacional | Total de Teses Orientadas | Total de Dissertações Orientadas |
|---------------------------------------|--------------|----------------|---|--|---------------------------|----------------------------------|
| Administração                         | 2            | 10             | 59                                      | 4  | 4                         | 6                                |
| Agronomia                             | 3            | 36             | 202                                     | 82   | 38                        | 94                               |
| Arquitetura e Urbanismo               | 3            | 19             | 34                                      | 16   | 24                        | 59                               |
| Bioquímica                            | 6            | 45             | 100                                     | 536  | 40                        | 113                              |
| Ciência da Computação                 | 5            | 19             | 25                                      | 36   | 5                         | 34                               |
| Direito                               | 2            | 11             | 68                                      | 34   | 12                        | 35                               |
| Ecologia                              | 2            | 14             | 58                                      | 131  | 6                         | 41                               |
| Economia                              | 1            | 4              | 8                                       | 0  | 2                         | 7                                |
| Educação                              | 1            | 3              | 12                                      | 0  | 1                         | 1                                |
| Engenharia Aeroespacial               | 1            | 3              | 1                                       | 3  | 3                         | 4                                |
| Engenharia Agrícola                   | 7            | 31             | 393                                     | 88   | 119                       | 133                              |
| Engenharia Biomédica                  | 1            | 5              | 21                                      | 7  | 0                         | 5                                |
| Engenharia Civil                      | 15           | 160            | 400                                     | 381  | 260                       | 662                              |
| Engenharia Elétrica                   | 59           | 352            | 575                                     | 1109   | 274                       | 865                              |
| Engenharia Mecânica                   | 28           | 186            | 270                                     | 533  | 109                       | 442                              |
| Engenharia Naval e Oceânica           | 2            | 5              | 0                                       | 19   | 5                         | 21                               |
| Engenharia Nuclear                    | 4            | 36             | 23                                      | 76   | 31                        | 39                               |
| Engenharia Química                    | 24           | 183            | 355                                     | 1108   | 189                       | 498                              |
| Engenharia Sanitária                  | 4            | 32             | 127                                     | 94   | 24                        | 160                              |
| Engenharia de Materiais e Metalúrgica | 20           | 103            | 360                                     | 770  | 127                       | 264                              |
| Engenharia de Minas                   | 1            | 7              | 25                                      | 18   | 8                         | 9                                |
| Engenharia de Produção                | 8            | 36             | 135                                     | 84   | 47                        | 171                              |
| Engenharia de Transportes             | 1            | 3              | 1                                       | 4  | 0                         | 13                               |
| Farmacologia                          | 1            | 9              | 18                                      | 181  | 26                        | 12                               |
| Física                                | 34           | 201            | 314                                     | 2244   | 135                       | 284                              |
| Geociências                           | 5            | 39             | 124                                     | 204  | 32                        | 76                               |
| História                              | 1            | 5              | 30                                      | 1  | 0                         | 11                               |
| Morfologia                            | 1            | 4              | 9                                       | 28   | 8                         | 12                               |
| Museologia                            | 1            | 7              | 23                                      | 5  | 3                         | 4                                |
| Planejamento Urbano e Regional        | 1            | 8              | 13                                      | 4  | 1                         | 9                                |
| Química                               | 36           | 202            | 447                                     | 1678   | 153                       | 434                              |
| Turismo                               | 1            | 6              | 9                                       | 0  | 0                         | 0                                |
| Zootecnia                             | 1            | 4              | 265                                     | 17   | 39                        | 72                               |
| Total                                 | 282          | 1.788          | 4.504                                   | 9.495  | 1.725                     | 4.590                            |

Fonte: Ipea (BRASIL, 2012b)

Até que ponto esses grupos de pesquisa, que participaram do CT-Energ, transformaram os novos conhecimentos científicos em tecnologia? Foram poucos os casos de efetiva transferência da criatividade científica para a atividade inventiva. Todavia, mais que da quantidade, o que interessa é saber de quais campos da produção científica para quais campos da tecnologia se efetua essa transferência. O caso mais intenso foi entre produtos científicos da área de engenharia eletrônica para a tecnologia de componentes elétricos (Tabela 25).

**Tabela 25: Relações entre Ciência e Tecnologia dos grupos de pesquisa do CNPq relacionados com projetos do CT-Energ**

| Áreas Tecnológicas                  |    |   |   |
|-------------------------------------|----|---|---|
| Imunologia                          | 0  | 0 | 0 |
| Pesquisa em Medicina                | 0  | 0 | 0 |
| Medicina Interna                    | 0  | 0 | 0 |
| Medicina Geral                      | 0  | 0 | 0 |
| Medicina da Reprodução e Geriatria  | 0  | 0 | 0 |
| Neurociência                        | 0  | 0 | 0 |
| Patologia                           | 0  | 0 | 0 |
| Saúde Pública                       | 0  | 0 | 0 |
| Farmacologia e Farmácia             | 0  | 0 | 0 |
| Biologia Geral                      | 0  | 0 | 0 |
| Microbiologia                       | 0  | 0 | 0 |
| Biotecnologia                       | 0  | 0 | 0 |
| Ciência dos Alimentos e Agricultura | 2  | 0 | 0 |
| Ecologia                            | 0  | 0 | 0 |
| Outras Físicas                      | 0  | 0 | 0 |
| Geociências                         | 1  | 0 | 0 |
| Física do Estado Sólido             | 0  | 0 | 0 |
| Física Aplicada                     | 0  | 0 | 0 |
| Química Orgânica                    | 0  | 0 | 0 |
| Físico-Química                      | 0  | 0 | 0 |
| Química Analítica                   | 0  | 0 | 0 |
| Química Inorgânica e Eng. Química   | 3  | 0 | 0 |
| Eng. Mecânica, Civil e outras       | 12 | 0 | 0 |
| Ciências Nucleares                  | 0  | 0 | 0 |
| Engenharia Eletrônica               | 20 | 0 | 0 |
| Ciência dos Materiais               | 2  | 0 | 0 |
| Matemática                          | 0  | 0 | 0 |
| Áreas Científicas                   |    |   |   |
| Componentes Elétricos               | 0  | 0 | 0 |
| Audiovisual                         | 0  | 0 | 0 |
| Telecomunicações                    | 0  | 0 | 0 |
| Informática                         | 0  | 0 | 0 |
| Semicondutores                      | 0  | 0 | 0 |
| Ótica                               | 0  | 0 | 0 |
| Análise-mensuração-control          | 0  | 0 | 0 |
| Engenharia médica                   | 0  | 0 | 0 |
| Química orgânica                    | 0  | 0 | 0 |
| Química macromolecular              | 0  | 0 | 0 |
| Farmacêuticos-cosméticos            | 0  | 0 | 0 |
| Biotecnologia                       | 0  | 0 | 0 |
| Produtos agrícolas e alimentares    | 0  | 0 | 0 |
| Procedimentos técnicos              | 0  | 0 | 0 |
| Tratamento de superfícies           | 0  | 0 | 0 |
| Trabalho com materiais              | 0  | 0 | 0 |
| Materiais-metalurgia                | 4  | 6 | 2 |
| Procedimentos técnicos              | 0  | 0 | 0 |
| Química de base                     | 1  | 3 | 1 |
| Meio ambiente-poliuição             | 0  | 0 | 0 |
| Máquinas-ferramentas                | 0  | 1 | 3 |
| Motores-bombas-turbinas             | 0  | 0 | 0 |
| Componentes mecânicos               | 0  | 0 | 0 |
| Manutenção-gráfica                  | 0  | 0 | 0 |
| Aparelhos agric e alim              | 0  | 0 | 0 |
| Transportes                         | 0  | 0 | 0 |
| Técnicas nucleares                  | 0  | 0 | 0 |
| Espacial-armamentos                 | 0  | 0 | 0 |
| Consumo das famílias                | 0  | 0 | 0 |
| Construção civil                    | 0  | 0 | 2 |

Fonte: Ipea (BRASIL, 2012b)

A segunda interface mais intensa foi entre a área de engenharia mecânica e a de componentes elétricos. Percebe-se que a principal área de transferência de tecnologia relaciona-se diretamente com a indústria de material elétrico.

Além da área de componentes elétricos, as áreas afetadas por conhecimentos científicos foram as de materiais e metalurgia, química de base, máquinas e ferramentas e produtos agrícolas e alimentos. Essa última área está certamente relacionada com projetos de biomassa. No entanto, destaca-se a completa ausência de relação entre pesquisa acadêmica e a atividade inventiva em motores, bombas e turbinas, o que revela uma grande fragilidade do sistema de inovação brasileiro. Deve-se destacar que o Brasil conta com importantes fabricantes nesse segmento industrial.

### **Conclusão sobre o CT-Energ**

O CT-Energ foi uma importante iniciativa da política científica e tecnológica brasileira destinada ao setor elétrico do país. Essa iniciativa era inovadora e buscava ocupar um espaço até então pouco explorado. O objetivo do Fundo era apoiar o fomento da P&D para o setor elétrico, mas enfocou o sistema acadêmico como protagonista dessa função. Também introduziu o fomento da pesquisa cooperativa entre universidade e empresa nesse setor. O modelo organizacional apoiado em um Comitê Gestor era bastante inovador. O esforço realizado de planejamento foi altamente louvável, e contou nessa função com o apoio do CGEE, embora este fosse apenas inicial e insipiente. Também merece destaque a introdução da ideia de P&D de utilidade pública como critério para seleção de recursos.

Essa importante inovação institucional do sistema de fomento encontrou grandes dificuldades para se consolidar no cenário das forças que orientaram a política econômica do país. Grande parte dos recursos previstos por lei não foram aplicados no CT-Energ. Ademais, o Comitê Gestor foi desprovido de capacidade decisória. A programação das atividades do Fundo tornou-se uma figura de retórica. Ainda que desvirtuado de seu projeto inicial, o CT-Energ cumpriu um papel importante no sistema de inovação brasileiro que tratamos de elucidar.

O primeiro aspecto, que foi o predomínio dos financiamentos destinados a Encomendas sobre aqueles destinados aos Editais, indica que o CT-Energ teve a função de preencher importantes lacunas no sistema nacional de fomento à inovação. Esses projetos não foram demandas do Comitê Gestor, mas iniciativas do próprio Ministério da Ciência e Tecnologia, que utilizou o Fundo para cobrir determinadas carências de financiamento do sistema nacional de inovação. A principal área beneficiada pelos recursos do Fundo foi a de energia nuclear. O impacto do CT-Energ na área nuclear foi sem dúvida bastante localizado diante dos elevados custos da pesquisa nessa área. O Fundo também atendeu, através do mecanismo de fomento da Encomenda, a algumas necessidades de financiamento do Cepel.

Em sua função mais clássica de Editais, tanto de Demanda Induzida quanto de Demanda Espontânea, o fomento do CT-Energ foi importante para a emergência da pesquisa acadêmica de interesse do setor elétrico. Esse resultado do Fundo gerou um fato novo que acrescentou uma nova dimensão ao sistema setorial de inovação. O setor acadêmico passou a se envolver diretamente no desenvolvimento de ciência e tecnologia para o setor elétrico – na geração, transmissão, distribuição e consumo – e a ter acesso a uma linha de financiamento específica. As ações de fomento tiveram um grande impacto no desenvolvimento de atividades de pesquisa em 288 grupos em que atuavam 1.788 doutores. Também comprovou-se, através de matrizes de impacto, que houve transferência de ciência para tecnologia, sendo que o processo mais intenso ocorreu do campo da engenharia eletrônica para a área de componentes elétricos.

O CT-Energ foi também muito importante para implementar a experiência dos projetos cooperativos entre universidade e empresa no setor elétrico. Uma parcela significativa, ainda que minoritária, dos recursos concedidos pelo Fundo se destinaram a essa modalidade de projeto (23,9%). Todavia, mesmo nesse grupo predominou a modalidade da Encomenda, com mais de 80%, de forma que a relação Universidade-Empresa passa pela Encomenda, em que a Agência confia a um determinado grupo, por um valor estipulado, a tarefa de desenvolver um produto, processo ou serviço.

No entanto, o volume de recursos destinados ao CT-Energ foi insuficiente e irregular. Os Editais não apresentaram regularidade, continuidade e um direcionamento que expressasse algum planejamento. Embora o período de análise se estendesse até 2008, não houve mais Editais após 2006.

## **Conclusão sobre o novo arranjo institucional da inovação no setor elétrico brasileiro**

Esta obra retratou de forma bastante abrangente os principais atores do sistema de inovação do setor elétrico, assim como sua evolução em decorrência das mudanças institucionais e do padrão de concorrência nessa indústria. Os países desenvolvidos e em desenvolvimento alteraram substancialmente o padrão de concorrência desse setor ao privatizarem as empresas elétricas e ao introduzirem a concorrência nos segmentos da geração e da distribuição de energia. Tais mudanças transformaram o comportamento inovativo das empresas elétricas, que reduziram seus esforços tecnológicos e passaram cada vez mais a adquirir a tecnologia de seus fornecedores, que são, sobretudo, grandes fabricantes de equipamento e material elétrico. O Estado, que também exercia um papel de liderança tecnológica nessa indústria, especialmente no que concerne à pesquisa básica e ao desenvolvimento tecnológico de novas fontes de energia, contraiu substancialmente seus investimentos em P&D após o pico do início dos anos 80.

O sistema brasileiro de inovação foi afetado por esse novo modelo, embora com especificidades de um país em desenvolvimento. O setor elétrico nacional constituiu-se sob o domínio de empresas estatais federais e estaduais e sob a liderança da Eletrobrás. Contudo, os fornecedores de equipamentos são predominantemente empresas estrangeiras. Para reduzir a dependência tecnológica externa e enfrentar importantes desafios que um país de tamanho continental e com forte predomínio de geração hídrica colocava, a Eletrobrás criou um centro de pesquisa, o Cepel, cuja função era atender às necessidades tecnológicas do setor. O modelo centralizador sob a liderança da Eletrobrás entrou em colapso nos anos 80 em função da crise econômica que assolou o país e teve desdobramentos muito negativos sobre o setor.

A saída encontrada para essa crise consistiu em implementar mudanças institucionais liberalizantes, acompanhando as grandes transformações que estavam ocorrendo internacionalmente. O modelo de reforma proposto acabou sendo parcialmente abortado por conta da crise do Plano Real e da crise do “apagão”. Esse modelo também não era compatível com as necessidades técnicas de gestão centralizada da geração de base hídrica. No entanto, as mudanças institucionais alteraram definitivamente o padrão de comportamento das empresas do setor, inclusive das estatais.

Essas mudanças se refletiram no sistema setorial de inovação, que tinha no Cepel seu ator principal. Esse Centro ficou com a sua própria existência ameaçada, mas, por conta do congelamento do processo de privatização, acabou permanecendo ativo. Todavia, a sua inserção como ator central do sistema ficou parcialmente comprometida, de forma que o arranjo institucional da inovação foi profundamente afetado com o aumento de autonomia das empresas do setor elétrico.

Nesse contexto, já ciente dos impactos negativos que as reformas institucionais haviam causado para o sistema setorial de vários países, o governo federal decidiu, no bojo da própria reforma institucional, promover uma série de medidas mitigadoras. Essas medidas consistiram na obrigação de que as empresas concessionárias realizassem investimentos compulsórios em P&D. Os recursos foram divididos em partes iguais para o CT-Energ e para os projetos de P&D da Aneel.

Essa mudança resultou em um aumento do gasto de P&D setorial, uma vez que quase todas as atividades pregressas foram mantidas. O Cepel permaneceu funcionando, embora tenha lançado mão em maior proporção de recursos externos. A Tabela 24 faz uma comparação dos gastos do CT-Energ com o das empresas de material elétrico. Essa comparação é feita cotejando as bases anuais dos gastos das empresas com os da Aneel e do CT-Energ.



**Tabela 26: Dispendio em P&D do CT-Energ, dos programa da Aneel e das empresas do setor de Material e Equipamentos Elétricos CNAE 31 (mil R\$ de 2005 – Atualizados pelo IGP-DI)**

|                             | <b>Total (R\$ mil)</b> | <b>Período</b> | <b>Médias Anuais</b> |
|-----------------------------|------------------------|----------------|----------------------|
| <b>CT-Energ</b>             | 396.761                | 2001-2008      | 49.595               |
| <b>Aneel</b>                | 1.616.859              | 1999-2006      | 230.980              |
| <b>Empresas do Setor 31</b> | 394.838                | 2005           | 283.886              |
|                             | 172.935                | 2003           |                      |

Fonte: Elaboração própria

Os recursos públicos aplicados em P&D foram praticamente equivalentes aos das empresas do setor manufatureiro. O Cepel, por sua vez, teve um orçamento de R\$ 135 milhões em 2007. Pode-se estimar, dessa forma, que o gasto anual total em P&D do sistema setorial seja em torno de R\$ 700 milhões. Os dois programas oriundos das reformas institucionais do final dos anos 90 seriam responsáveis por 40% do gasto do sistema setorial de inovação. Ainda que tenha havido algum efeito de deslocamento, esse montante substancial indica a magnitude da transformação ocorrida.

Os projetos de P&D da Aneel, apesar de enfrentarem sérios problemas de contratualização e entraves administrativos com a própria Agência, se firmaram como a mais importante fonte de financiamento de pesquisa e desenvolvimento das empresas de energia elétrica. Os recursos foram superiores ao orçamento do Cepel. Grande parte desses recursos foi executada em universidades e centros de pesquisa. Um aspecto importante dessa nova modalidade de financiamento para o arranjo institucional da inovação no setor elétrico consiste na escolha clara, por parte das empresas elétricas, de contratar a pesquisa em instituições acadêmicas, em vez de realizá-la internamente. É importante enfatizar que mesmo as empresas com tradição na execução de P&D, como Furnas e Cemig, optaram por reduzir esforços internos e contratar de universidades e centros de pesquisa. A grande vantagem dos programas de P&D da Aneel foi o fato de eles não terem sido contingenciados pelo poder público, o que garantiu uma maior regularidade no fluxo de recursos.

O CT-Energ possui uma inserção específica no sistema setorial de inovação, embora seus recursos sejam muito mais reduzidos. O Fundo tem por

finalidade fomentar a pesquisa de maior incerteza e de longo prazo, já que a pesquisa tecnológica empresarial estaria sendo coberta pelos projetos de P&D da Aneel. Para ele, gerou-se o termo de P&D de interesse público. Caberia ao Fundo agir no financiamento daquelas pesquisas cujos resultados seriam de interesse geral, mas que não encontrariam respaldo na iniciativa empresarial. Conforme foi visto nesta obra, não coube ao CT-Energ exclusivamente essa função. Na verdade, a maior parcela dos recursos destinou-se às finalidades de ações governamentais que não se enquadravam no contexto de uma política setorial, e nem essa outra política chega a ser claramente formulada. Essas ações foram bastante erráticas e buscaram preencher deficiências orçamentárias de outras áreas, como no caso da energia nuclear. Apesar de todas essas restrições, essa política causou certo impacto dentro do contexto da pesquisa acadêmica e empresarial, conforme pode ser constatado neste livro.

O CT-Energ tem várias importantes funções no sistema setorial de inovação. A principal é a de ser uma fonte regular de financiamento para a pesquisa básica e de alto risco, pela qual a iniciativa privada se desinteressaria, mas que seria de grande utilidade pública. Essa função é central para dar maior consistência ao sistema setorial de inovação brasileiro e é bastante inovadora porque ela não era apoiada de forma tão específica, mesmo no arranjo institucional anterior, dominado pelo Estado. O CT-Energ tem também a função de consolidar capacidades científicas e tecnológicas em regiões menos desenvolvidas do país. Mas outras funções são também importantes, conforme revelou o nosso estudo. O Fundo desempenha um papel relevante na relação de cooperação entre universidade e empresa no setor elétrico. Essa função é compartilhada com os projetos de P&D da Aneel. A grande contribuição do CT-Energ tem sido, mais que apoiar a pesquisa de longo prazo, permitir a participação de fornecedores, que não encontram espaço específico no atual sistema de fomento à P&D do setor elétrico, em projetos cooperativos com universidades. Esse ator é central para uma política de consolidação do sistema setorial de inovação.

Para que esse Fundo pudesse desempenhar uma função mais efetiva seria necessário que lhe fosse garantido uma maior regularidade no fluxo financeiro e a colocação de seus recursos a serviço da política de consolidação do sistema setorial de inovação. No primeiro aspecto, caberia um menor desvio

dos recursos para outras funções da política pública. No segundo, dever-se-ia retomar o exercício do planejamento setorial ensaiado inicialmente com a criação do Fundo. Nesse aspecto, a experiência do Pier na Califórnia comentada poderia servir de inspiração.

## Referências Bibliográficas

ANEEL. **Planilhas Informações Contábeis do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/Excel/PeD-2011.xlsx>>. Acesso em: 22/07/2010.

BACH, L.; FURTADO, A.; LAMBERT, G. Variété des Programmes de R&D, Variété des Méthodes d'Évaluation, Variété des Effets Économiques - Quelques Enseignements Tirés de l'Application de la Méthode du BETA à Différents Programmes de R&D. In: **Avaliação de Programas Tecnológicos e Instituições de P&D**. Campinas: Unicamp, 9 nov. 1998. Workshop Convênio Capes-Cofecub. Texto Para Discussão do DPCT n° 27. Mimeo.

BOURGEOIS, B.; JACQUIER-ROUX, V. **L'Internationalisation des Activités Technologiques dans les Industries Énergétiques**. Contrat entre l'Institut Français de l'Energie et l'IEPE. Rapport Final, 2001.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT). **Arrecadação, Dotação Orçamentária e Execução Financeira – Anos Anteriores**. Brasília, c2012a. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27646/Arrecadacao\\_Dotacao\\_Orcamentaria\\_e\\_Execucao\\_Financeira\\_Anos\\_Anteriores.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27646/Arrecadacao_Dotacao_Orcamentaria_e_Execucao_Financeira_Anos_Anteriores.html)>. Acesso em: 30/12/2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT). **Diretrizes Estratégicas para o Fundo Setorial de Energia (versão 9.1)**. Proposta ao Comitê Gestor. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CGEE), jul. 2002. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/fundos\\_setoriais/ct\\_energ/documentos/ct-energ00diretrizes.pdf](http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/ct_energ/documentos/ct-energ00diretrizes.pdf)>. Acesso em: 30/12/2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT). **Metodologia de Avaliação dos Resultados de Conjuntos de Projetos Apoiados por Fundos de Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T & I)**. Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sistema Nacional de Inovação e as Empresas do Núcleo da Indústria no Brasil. Brasília: Convênio MCT/Finep/Ipea/UFMG, c2012b. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0221/221093.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0221/221093.pdf)>. Acesso em: 30/12/2014.

BUPP, I. C. Nuclear Power: the promise melts away. In: STOBAUGH R.; YERGIN D. (Eds.). **Energy Future**. 3rd edition. New York: Vintage Books, 1983.

CAMPBELL, J. L. **Collapse of an Industry: Nuclear Power and the Contradictions of U.S. Policy**. New York: Cornell University Press, 1988.

DEFEUILLEY, C.; FURTADO, A. T. Impacts de l'ouverture à la concurrence sur la R&D dans le secteur électrique. **Annals of Public and Cooperative Economics**, Oxford/Malden, v. 71, n. 1, p. 5-28, 2000.

EUROPEAN COMMISSION. **Monitoring Industrial Research: The 2005 EU industrial R&D investment Scoreboard**, Vol. II: Company data, Technical Report n° EUR 21851 EN, Directorate General Joint Research Centre, Directorate General Research, European Commission, 2005.

FINON, D. **L'échec des surgénérateurs: autopsie d'un grand programme**. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, 1989.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**. London: Pinter, 1987.

FURTADO, A. T. Mudança institucional e inovação na indústria brasileira de petróleo. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 9-29, 2002.

FURTADO, A. T.; CARVALHO, R. Q. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 70-84, 2005.

IBGE. **Contagem da População 2007**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm)>. Acesso em: 30/12/2014.

IBGE. **Contas Regionais do Brasil – 2003-2007**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2003\\_2007/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2003_2007/default.shtm)>. Acesso em: 30/12/2014.

IBGE. **Pesquisa de Inovação 2003**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/Publicacao%20PINTEC%202003.pdf>>. Acesso em: 22/07/2010.

IBGE. **Pesquisa de Inovação 2005**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/Publicacao%20PINTEC%202005.pdf>>. Acesso em: 22/07/2010.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual**. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/empresas/defaulttempresa2002.shtm>>. Acesso em: 22/07/2010.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/empresas/defaulttempresa2002.shtm>>. Acesso em: 22/07/2010.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/empresas/defaulttempresa2006.shtm>>. Acesso em: 22/07/2010.

IEA (International Energy Agency), **Energy Technologies Perspectives 2008**, OECD/IEA, Paris, 2008.

LAFER, B. M. (Ed.). **Planejamento no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1975. (Coleção Debates).

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

LEWIS, J. I.; WISER, R. H. Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms. **Energy Policy**, vol. 35, n. 3, p. 1844-1857, 2007.

MALERBA, F. Sectoral Systems and Innovation and Technology Policy. **Revista Brasileira de Inovação**, vol. 2, n. 2, p. 329-375, jul/dez 2003.

NEMET, G. F.; KAMMEN, D. M. U.S. energy research and development: Declining investment, increasing need, and the feasibility of expansion. **Energy Policy**, v. 35, n. 1, p. 746-755, 2007.

PINTO, H. (Org.) et al. **Economia da Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier - Campus, 2007.

PUISEUX, L. **La Babel Nucléaire**. Paris: Galilée, 1979.

SICHON, Consuelo. **Public interest energy research 2009 annual report: repowering clean technology**. California Energy Commission, March 2010. Disponível em: <<http://www.energy.ca.gov/2010publications/CEC-500-2010-018/CEC-500-2010-018-CMF.PDF>>. Acesso em: 25/06/2014.

SOARES, V. R. **Mudanças institucional e organizacional no setor elétrico brasileiro frente as tendências da dinâmica tecnológica**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

UNITED STATES. General Accounting Office (GAO). **Changes in Electricity-Related R&D Funding**. Washington: Resources, Community, and Economic Development Division, Aug. 1996. Disponível em: <<http://www.gao.gov/assets/230/223196.pdf>>. Acesso em: 17/03/2008.

Esta publicação foi composta utilizando-se as famílias tipográficas  
Bell MT, Humanst e Linux Libertine.

É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada  
a fonte e que não seja para qualquer fim comercial.

